

Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg

 Band 78

The logo of Baden-Württemberg, a stylized black lion.

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG UND REDAKTION	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Christine Bißdorf und Astrid Oppelt Referat Flächenschutz, Fachdienst Naturschutz fachdienst-naturschutz@lubw.bwl.de
BEZUG	www.lubw.baden-wuerttemberg.de Publikationen > Publikationen im Bestellshop der LUBW > Natur und Landschaft
PREIS	19 Euro
ISSN	1437-0093 (Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg. Band 78)
STAND	2015/2016
SATZ	Sabine Keller VIVA IDEA Grafik-Design, 73773 Aichwald, www.vivaidea.de
DRUCK	Offizin Scheufele Druck und Medien GmbH + Co. KG 70597 Stuttgart
AUFLAGE	1.300 Exemplare
TITELBILD	Reinhold Treiber



Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Namentlich gekennzeichnete Fremdbeiträge stimmen nicht in jedem Fall mit der Meinung des Herausgebers überein. Für die inhaltliche Richtigkeit von Beiträgen ist der jeweilige Verfasser verantwortlich.

Zustandsbewertung der Populationen von Kennarten des FFH-Grünlands bei unterschiedlichem Management – Ergebnisse aus den Offenhaltungsversuchen des Landes Baden-Württemberg

JOSEF SIMMEL, SVEN RUBANSCHI UND PETER POSCHLOD

Gewidmet dem Begründer der Offenhaltungsversuche,
Prof. Dr. Karl-Friedrich Schreiber,
anlässlich seines 90. Geburtstages

ZUSAMMENFASSUNG	8
ABSTRACT	8
1 EINLEITUNG	9
2 MATERIAL UND METHODEN	10
2.1 Untersuchte Standorte und Arten	10
2.2 Erfasste Parameter und Datenauswertung	13
2.2.1 Anzahl Sprosse / Ramets aller 12 Arten	13
2.2.2 Altersstruktur (<i>Salvia pratensis</i> , <i>Potentilla neumanniana</i>)	14
2.2.3 Räumliche Populationsstruktur aller 12 Arten	16
2.2.4 Verwendete Statistik-Software und Statistik-Verfahren	17
3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION	18
3.1 Anzahl Sprosse / Ramets und Populationsstruktur aller 12 Arten	18
3.2 Altersstruktur (<i>Salvia pratensis</i> , <i>Potentilla neumanniana</i>)	22
3.3 Bewertung der Pflegemaßnahmen auf LRT-Ebene	25
3.4 Bewertung der Pflegemaßnahmen auf Artebene	28
3.4.1 Gemeinsame Betrachtung	28
3.4.2 Empfehlungen für die untersuchten Arten	29
3.5 Folgerungen für die Praxis	31
4 DANK	32
5 LITERATUR UND QUELLEN	32
6 ANHANG	34

Zusammenfassung

Als Evaluierung verschiedener Managementmethoden im Grünland wurden populationsbiologische Parameter von insgesamt zwölf Kennarten der drei FFH-Grünland-Lebensraumtypen 6210 – Kalk-Magerrasen, 6230 – Artenreiche Borstgrasrasen und 6510 – Magere Flachland-Mähwiesen untersucht. Erfasst wurden die Parameter Sprossanzahl, Populationsstruktur und Altersstruktur. Als Untersuchungsflächen dienten sieben Standorte der „Offenhaltungsversuche“ des Landes Baden-Württemberg.

Ein großer Teil der untersuchten Arten (*Arrhenatherum elatius*, *Leucanthemum ircutianum*, *L. vulgare*, *Luzula campestris*, *Potentilla neumanniana*, *Rumex acetosa* und *Salvia pratensis*) wurde durch die Managementmethoden nicht oder nur schwach beeinflusst. Häufig verwendete Methoden wie Mulchen oder Mahd eignen sich hier gut für die Pflege der Bestände dieser Arten.

Abstract

Population biological parameters of twelve indicator species of three FFH grassland habitat types 6210 (dry calcareous grasslands), 6230 (species-rich *Nardus stricta*-grasslands) and 6510 (nutrient-poor lowland meadows) was analysed in order to evaluate different management methods. Data collection comprised the following parameters: number of shoots, population structure, age structure. Seven sites of the “Grassland management experiment” of Baden-Württemberg were used as study areas.

For several species (*Arrhenatherum elatius*, *Leucanthemum ircutianum*, *L. vulgare*, *Luzula campestris*, *Potentilla neumanniana*, *Rumex acetosa* and *Salvia pratensis*), the management methods showed no or only a weak influence. Commonly used methods like mulching or mowing are well applicable in this case.

Speziell die typischen Arten ± extensiver Weidestandorte (hier: *Arnica montana*, *Genista sagittalis* und *Nardus stricta*) dagegen bedürfen einer Pflege, die auf diese Arten abgestimmt ist. Diese sollte als Beweidung erfolgen, kann aber auch weitere Maßnahmen wie z. B. Schlegelmahd einschließen. Mulchen und Mahd als alleinige Managementmaßnahmen sind für solche Arten ungeeignet.

Weiterhin ist eine Anpassung des Pflegemanagements an die Phänologie der Zielarten wichtig, um den Blüherfolg und die Verjüngung aus Samen sicher zu stellen.

Schlüsselwörter: Fräsen; Horst; klonales Wachstum; kontrolliertes Brennen; Landschaftspflege; räumliche Verteilung; Sukzession; Wuchsform.

In contrast, species typical of ± extensively grazed habitats (here: *Arnica montana*, *Genista sagittalis* and *Nardus stricta*) have to be managed by a specific treatments – this should be grazing, but further treatments like the use of flail-mowers could be integrated. Anyway, mulching and mowing alone are not suitable for such species.

Furthermore, adjusting the management to the phenology of the target species is important, to ensure flowering success and reproduction by seeds.

Key words: mowing; tussock; clonal growth; controlled burning; grassland management; spatial distribution; succession; growth form.

1 Einleitung

Ein wesentliches Ziel der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie; = Richtlinie 92/43/EWG vom 21.05.1992) ist die Erhaltung von natürlichen Lebensraumtypen (LRT) sowie von schützenswerten Tier- und Pflanzenarten (FARTMANN et al. 2001). Für die Lebensraumtypen des Anhangs I der Richtlinie sowie für die Arten des Anhangs II wurde ein Netz besonderer Schutzgebiete eingerichtet, das Schutzgebietsnetz Natura 2000. Der Erhaltungszustand der Lebensraumtypen sowie auch die Bestandsgröße und -entwicklung der Anhangs-Arten müssen dabei kontinuierlich überwacht werden und der Europäischen Union darüber berichtet werden (RÜCKRIEM & ROSCHER 1999). Es gilt dabei gemäß Art. 6 Abs. 2 der FFH-Richtlinie ein „Verschlechterungsverbot“, d. h., LRTs und Artbestände sind zumindest in entsprechend guter Qualität zu erhalten oder in ihrer Qualität zu verbessern.



Abbildung 1: Mit Schildern wie diesen, hier am Beispiel Oberstetten, werden die insgesamt 14 Versuchsfelder gekennzeichnet. Weiterhin stellen sie die Versuchsanlage dar und geben einige standardisierte Informationen. Foto: Patricia Krickl

Die oben genannte Berichtspflicht gilt für alle Lebensraumtypen des Anhangs I und für alle Arten der Anhänge II, IV und V. Je nach Lebensraumtyp oder Art können verschiedene Parameter für die Evaluierung zur Anwendung kommen. Für die artenschutzfachliche Bewertung in Deutschland haben JENSCH et al. (2001) wissenschaftliche Empfehlungen gegeben. Hinsichtlich der Gefäßpflanzen gehören hierzu u. a. die Anzahl an Populationen, deren Altersstruktur sowie die Verteilung der Vorkommen innerhalb eines bestimmten Gebiets.

Die Grünlandbestände an mehreren Standorten der Offenhaltungsversuche des Landes Baden-Württemberg können in ihrer ursprünglichen Ausprägung einem der Grünland-FFH-LRTs zugeordnet werden (vgl. dazu POSCHLOD et al. 2009). Auf diesen Flächen werden als Langzeitversuch seit fast 40 Jahren verschiedene Pflegemaßnahmen durchgeführt (SCHREIBER et al. 2009). Dies macht einen Vergleich der jeweils angewandten Managementmethoden hinsichtlich ihrer Eignung zur Erhaltung und Förderung von Kennarten dieser LRTs möglich, wenngleich die Versuchsflächen für die FFH-Kartierung nicht berücksichtigt werden.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, pro Standort mehrere LRT-Kennarten hinsichtlich ihrer Populationsbiologie zu untersuchen und auf Basis der verwendeten Parameter die Pflegemaßnahmen zu evaluieren. Bearbeitet wurden dazu drei Fragestellungen:

- Haben die unterschiedlichen Managementmethoden Einfluss auf die Populationsstruktur der untersuchten Arten?
- Gibt es hinsichtlich der räumlichen und zeitlichen Populationsstruktur Unterschiede beim Vergleich der Managementmethoden an einem Standort, bzw. beim Vergleich derselben Methode an verschiedenen Standorten?
- Sind ausgehend von den Ergebnissen Aussagen und Empfehlungen zur Grünlanderhaltung und -pflege sowie zur Pflege von Beständen der untersuchten Arten möglich?

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchte Standorte und Arten

Für die vorliegende Untersuchung wurden diejenigen Versuchsstandorte ausgewählt, deren Grünlandbestand einem der FFH-Lebensraumtypen zugeordnet werden kann. Vertreten sind dabei folgende Lebensraumtypen: Kalk-Magerrasen (LRT 6210), Artenreiche Borstgrasrasen (LRT 6230) und Magere Flachland-Mähwiesen (LRT 6510). Entsprechend der Zuordnung (POSCHLOD et al. 2009; SCHREIBER 2009) wurden für die Kalk-Magerrasen die Standorte St. Johann und Rangendingen ausgewählt, für die Borstgrasrasen der Standort Bernau sowie für die Flachland-Mähwiesen die Standorte Ettenheimmünster, Hepsisau, Melchingen und Oberstetten. Abbildung 2 zeigt die Lage der Versuchsstandorte in Baden-Württemberg.

An den Versuchsstandorten werden in direkt benachbarten Parzellen verschiedene Methoden der Grünlandpflege angewendet und verglichen. Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Parzellentypen werden in Tabelle 1 aufgelistet.

Zusätzlich wurde pro Standort je eine in unmittelbarer Nähe (Entfernung zur Versuchsfläche stets < 500 m) liegende Vergleichsfläche ausgewählt, die dem jeweiligen Grünlandtyp in möglichst optimaler Ausprägung

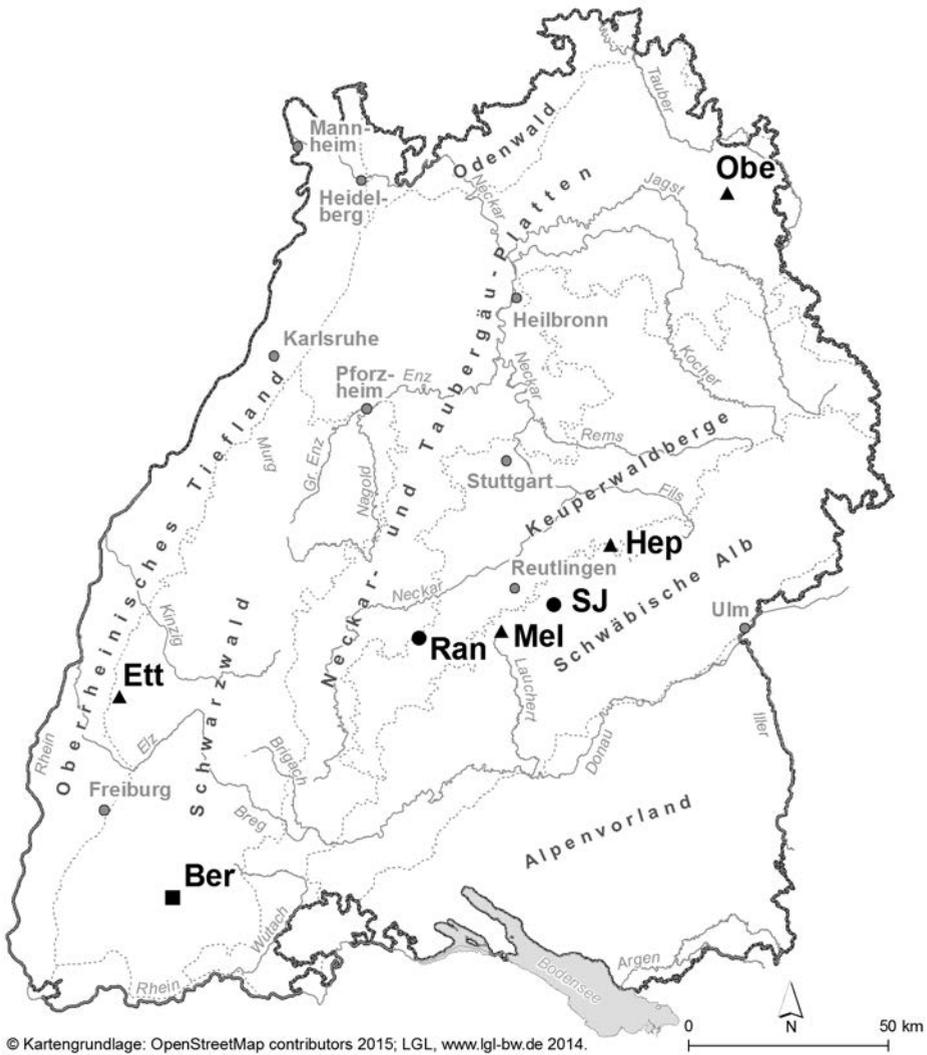
entspricht und alle hierzu untersuchten Arten enthält (= externe Erfassung). Die Auswahl dieser Referenzflächen erfolgte anhand des Vorkommens der Zielarten sowie der ökologischen und pflanzensoziologischen Angaben bei SEBALD et al. (1992ff.) und OBERDORFER (2001).

Im folgenden werden die zwölf untersuchten Pflanzenarten in alphabetischer Reihenfolge kurz vorgestellt (Angaben zur Biologie und Ökologie der Arten nach OBERDORFER (2001) und JÄGER (2011), Zeigerwerte nach ELLENBERG (2001): L = Lichtzahl, T = Temperaturzahl, F = Feuchtezahl, R = Reaktionszahl, N = Nährstoffzahl, M = Messtischblatffrequenz, Ä = Änderungstendenz). Die Nomenklatur folgt BUTTLER & HAND (2008). Ausgehend von den Artenlisten aus der fortlaufenden Kartierung der Parzellen-Dauerquadrate (ausgewertet wie auf der bei SCHREIBER et al. (2009) beigefügten CD hinterlegt) wurden derart für jeden Grünlandtyp charakteristische Kennarten ausgewählt, dass diese in den Parzellen der untersuchten Standorte möglichst häufig vorkommen; als übergreifende, für alle drei untersuchten Grünlandtypen kennzeichnende und an allen Standorten vorkommende Art wurde der Sauerampfer (*Rumex acetosa*) verwendet.

Tabelle 1: Übersicht über die an den einzelnen Standorten (vgl. Abbildung 1) untersuchten Pflegemaßnahmen.

Standorte	BW	2M	1Mf	1Ms	M2	2MA	1MA	US	ext
Ber	x	x		x	x			x	x
Ett		x	x	x					x
Hep	x	x		x	x	x			x
Mel		x		x	x			x	x
Obe		x	x	x	x				x
Ran		x	x	x	x			x	x
SJ	x	x	x	x	x		x	x	x

Erklärung: BW = Beweidung; 2M = Mulchen zweimal jährlich; 1Mf = Mulchen einmal jährlich früh; 1Ms = Mulchen einmal jährlich spät; M2 = Mulchen jedes zweite Jahr; 2MA = Mähen mit Abräumen zweimal jährlich; 1MA = Mähen mit Abräumen einmal jährlich; US = Ungestörte Sukzession; ext = externe Erfassung.



© Kartengrundlage: OpenStreetMap contributors 2015; LGL, www.lgl-bw.de 2014.

FFH-Lebensraumtypen

- LRT 6210
- LRT 6230
- ▲ LRT 6510
- SJ St. Johann
- Ran Rangendingen
- Obe Oberstetten
- Hep Hepsisau
- Mel Melchingen
- Ett Ettenheimmünster

- ⋯ Großlandschaft
- ▭ Baden-Württemberg

Abbildung 2: Lage der sieben untersuchten Versuchsstandorte in den baden-württembergischen Großlandschaften
 Kartenbearbeitung: Sabine Fischer

Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe

(*Achillea millefolium* L. s. str.; Asteraceae)

LRT 6510, Magere Flachland-Mähwiesen

Blütezeit: (Juni) Juli–Oktober; Halbrosettenpflanze, klonales Wachstum (unterirdische Ausläufer); Wuchshöhe: 0,30–0,60 (1,20) m; Lichtkeimer, Samenbank langlebig; auf frischen bis mäßig trockenen, nährstoffreichen, mäßig saueren bis milden Lehmböden; L 8, T x, F 4, R x, N 5, M -, Ä -.

Arnika

(*Arnica montana* L.; Asteraceae)

LRT 6230, Artenreiche Borstgrasrasen

Blütezeit: Juni–Juli; Halbrosettenpflanze, klonales Wachstum, ausgeprägtes Rhizom; Wuchshöhe: 0,20–0,50 m; Lichtkeimer, Samenbank temporär; auf frischen, nährstoffarmen, kalkarmen, sauren Ton- und Lehmböden; L 9, T 4, F 5, R 3, N 2, M 7, Ä 2.

Gewöhnlicher Glatthafer

(*Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl. et C. Presl var. *elatius*; Poaceae)

LRT 6510, Magere Flachland-Mähwiesen

Blütezeit: Juni–Juli; Horstpflanze, klonales Wachstum (unterirdische Sprosse); Wuchshöhe: 0,60–1,20 m; Lichtkeimer, Samenbank (meist) temporär; auf feuchten bis mäßig trockenen, nährstoff- und basenreichen, milden bis mäßig saueren Lehmböden; L 8, T 5, F x, R 7, N 7, M 9, Ä 9.

Fieder-Zwenke

(*Brachypodium pinnatum* (L.) P. Beauv.; Poaceae)

LRT 6210, Kalk-Magerrasen

Blütezeit: Juni–Juli; Horstpflanze, klonales Wachstum (unterirdische Ausläufer); Wuchshöhe: 0,50–1,00 m; Samenbank temporär bis kurzzeitig; auf mäßig frischen, basenreichen und meist kalkhaltigen, milden bis mäßig saueren Lehm- und Lößböden; L 6, T 5?, F 4, R 7, N 4, M 7, Ä 4.

Flügel-Ginster

(*Genista sagittalis* (L.) P.G. Gibbs; Fabaceae)

LRT 6230, Artenreiche Borstgrasrasen

Blütezeit: Mai–Juni; Zwergstrauch, klonales Wachstum (Leg-/Kriechtriebe); Wuchshöhe: 0,15–0,25 m; auf

mäßig trockenen, nährstoffarmen aber basenreichen, neutralen bis mäßig saueren Lehmböden; L 8, T 5, F 4, R 4, N 2, M 5, Ä 2?.

Wiesen-Margerite

(*Leucanthemum ircutianum* DC.) &

Frühe Margerite

(*L. vulgare* (Vaill.) Lam. s. str.; Asteraceae)

RT 6510, Flachland-Mähwiesen

Blütezeit: Juni (–Oktober); Halbrosettenpflanze, klonales Wachstum (unterirdisches Rhizom); Wuchshöhe: 0,20–0,80 (1,00) m; Samenbank langlebig; auf ± frischen, mäßig nährstoff- und basenreichen Böden (*L. ircutianum*) bzw. auf basenreichen Lehm- und Tonböden (*L. vulgare*); L 7, T x, F 4, R x, N 3, M 9, Ä 5.

Feld-Hainsimse

(*Luzula campestris* (L.) DC.; Juncaceae)

LRT 6210, Kalk-Magerrasen und

LRT 6230, Artenreiche Borstgrasrasen

Blütezeit: März–April; Halbrosettenpflanze, klonales Wachstum (unterirdisches Rhizom bzw. Ausläufer); Wuchshöhe: 0,05–0,25 m; Samenbank langlebig; auf mäßig trockenen bis frischen, mäßig nährstoff- und basenreichen, meist kalkfreien oder oberflächlich entkalkten, mäßig saueren Stein-, Sand- und Lehmböden; L 7, T x, F 4, R 3, N 3, M 9, Ä 4.

Borstgras

(*Nardus stricta* L.; Poaceae)

RT 6230, Artenreiche Borstgrasrasen

Blütezeit: Mai–Juni; Horstpflanze, klonales Wachstum (kurzes unterirdisches Rhizom); Wuchshöhe: 0,10–0,30 m; Kältekeimer, Samenbank temporär bis kurzzeitig; auf frischen bis wechselfrischen, mäßig nährstoffreichen, kalkarmen/entkalkten, saueren Lehm-, auch Torfböden; L 8, T x, F x~, R 2, N 2, M 8, Ä 3.

Frühlings-Fingerkraut

(*Potentilla neumanniana* Aschers.; Rosaceae)

LRT 6210, Kalk-Magerrasen

Blütezeit: (März) April–Juni; Halbrosettenpflanze mit Ausläufern und Legtrieben, jedoch ohne vegetative Vermehrung, da die Ausläufer und Legtriebe nicht anwurzeln und mit der Mutterpflanze verbunden bleiben;

Wuchshöhe: 0,05–0,10 (0,15) m; Samenbank langfristig; auf trockenen, basenreichen, kalkarmen und -reichen, milden bis mäßig saueren Löß- und Lehmböden; L 8, T 6, F 3, R 7, N 2, M 7, Ä 4.

Großer Sauer-Ampfer

(*Rumex acetosa* L.; Polygonaceae)

LRT 6210, Kalk-Magerrasen,
LRT 6230, Artenreiche Borstgrasrasen und
LRT 6510, Flachland-Mähwiesen

Blütezeit: Mai–Juli; Halbrosettenpflanze mit unterirdischem Rhizom, keine vegetative Vermehrung; Wuchshöhe: 0,30–1,00 m; Lichtkeimer, Samenbank (kurz- bis) langfristig; auf frischen bis feuchten, nährstoffreichen, milden bis mäßig saueren Lehm- und Tonböden; L 8, T x, Fx, R x, N 6, M 9, Ä 4.

Wiesen-Salbei

(*Salvia pratensis* L.; Lamiaceae)

LRT 6210, Kalk-Magerrasen und
LRT 6510, Flachland-Mähwiesen

Blütezeit: Mai–August; Halbrosettenpflanze, z. T. mit kurzen Seitentrieben, keine vegetative Vermehrung; Wuchshöhe: 0,30–0,60 m; Samenbank meist temporär; auf mäßig frischen bis trockenen, mäßig nährstoffreichen bis mageren, basenreichen (vorzugsweise kalkhaltigen), mäßig saueren bis milden Lehmböden; L 8, T 6, F 3, R 8, N 4, M 7, Ä 4.

Tauben-Skabiose

(*Scabiosa columbaria* L.; Dipsacaceae)

LRT 6210, Kalk-Magerrasen

Blütezeit: Juli–November; Halbrosettenpflanze, z. T. mit kurzen Seitentrieben, keine vegetative Vermehrung; Wuchshöhe: 0,25–0,60 m; Samenbank temporär bis langfristig; auf mäßig trockenen, mäßig nährstoffreichen, meist kalkhaltigen, mäßig saueren bis milden Lehmböden; L 8, T 5, F 3, R 8, N 3, M-, Ä-

2.2 Erfasste Parameter und Datenauswertung

Als Parameter, die im Rahmen der Berichtspflicht gemäß FFH-Richtlinie gut für die Evaluierung von Gefäßpflanzen-Beständen geeignet sind, schlagen JENSCH et al. (2001) die folgenden vor:

- Anzahl Populationen
- *Anzahl Sprosse/Ramets
- *Altersstruktur
- *Populationsstruktur
- Verbreitung im Areal
- Dynamik der Populationen
- Metapopulationen
- Gesamttrend der Art

Für die Untersuchungen in den Parzellen der Offenhaltungversuche konnten davon die mit * markierten Parameter sinnvoll angewendet werden.

2.2.1 Anzahl Sprosse / Ramets aller 12 Arten

Als Bezugsgröße wurde ein Kartierquadrat (= Plot; Größe: 1 m × 1 m) verwendet, welches in 25 Teilquadrate à 0,2 m × 0,2 m teilbar ist. Pro Parzelle und Pflanzenart wurden so viele Plots halbzufällig gewählt, bis damit mindestens 50 Sprosse erfasst wurden. Waren auf der gesamten Parzellenflächen weniger als 50 Sprosse vorhanden, wurden alle aufzufindenden erfasst.

Innerhalb jedes Plots wurden die Sprosse einem der 25 Teilquadrate zugeordnet und folgende Parameter notiert: (i) Anzahl verwendeter Plots pro Parzelle, (ii) Anzahl Sprosse pro Plot, (iii) Anzahl belegter Teilquadrate pro Plot und (iv) Anzahl Sprosse pro Teilquadrat.

Die Datensätze zu den Punkten (i) bis (iii) wurden aufgrund der meist geringen Wiederholungszahl (häufig nur ein Plot erfasst) nicht statistisch bearbeitet, aber tabellarisch bzw. graphisch dargestellt. Punkt (iv) wurde statistisch ausgewertet in Form von Gruppenvergleichen (s. u.).

Als „Spross“ wurde jeder oberirdische Trieb betrachtet, der deutlich einzeln und oberirdisch unabhängig wuchs. Ob die einzelnen Sprosse Einzelpflanzen

(Individuen) oder Triebe eines zusammenhängenden Rhizoms o. ä. darstellen, wurde dabei nicht untersucht. „Ramets“ sind in diesem Zusammenhang die einzelnen Tochterpflanzen einer sich klonal vermehrenden Pflanze. Im vorliegenden Fall wurde nicht unterschieden, ob ein Trieb einen selbstständigen Spross darstellt oder ob er von der (Mutter-/Tochter-)Pflanze stammt. Für *Salvia pratensis* und *Potentilla neumanniana* wurden neben der oberirdischen Erfassung auch Pflanzen für die Jahresringzählung ausgegraben, sodass hierzu bezogen auf den 1 m²-Plot die tatsächliche Anzahl an Einzelpflanzen bekannt ist (s. u.). Als „fertil“ wurden alle Sprosse betrachtet, die deutlich erkennbare Blütenknospen, Blüten oder Fruchstände aufwiesen. Alle anderen Sprosse wurden als nicht fertil erfasst.

2.2.2 Altersstruktur (*Salvia pratensis*, *Potentilla neumanniana*)

Die Untersuchung der Altersstruktur erfolgte anhand der Analyse der Jahresringe in den einzelnen Individuen. Für diese Jahresringanalyse wurden pro Parzelle so viele Plots (ohne Teilquadrate) verwendet, bis mindestens 50 (*Potentilla*) bzw. 100 (*Salvia*) Einzelpflanzen gefunden wurden; diese wurden im Ganzen ausgegraben. Bei weniger als 50 bzw. 100 vorhandenen Einzelpflanzen wurden entsprechend weniger, aber dann alle entnommen. Als Einzelpflanzen wurden alle beim Ausgraben separat entnehmbare Pflanzen angesehen; Leg-

triebe, Ausläufer etc. wurden bis zu ihrem Ursprung zurückverfolgt, sodass sie zusammen mit der Mutterpflanze entnommen werden konnten.

Nach Entfernung der oberirdischen Teile bis nahe dem Sprossgrund wurden die Wurzeln zur Konservierung in 30-prozentigem Ethanol gelagert. Die eigentliche Jahresringzählung erfolgte dann an Querschnitten durch den Wurzelhals des Haupttriebs, die mit dem Mikrotom oder per Hand mit Rasierklingen hergestellt wurden. Zur besseren Erkennbarkeit wurden die Schnitte z. T. mit Astrablau und Safranin gefärbt (WANNER 2004), i. d. R. war dies jedoch nicht nötig.

Bei beiden Arten waren die Jahresringe sehr gut zu erkennen (Abbildung 3). Die Wurzeln von *Salvia* neigen allerdings dazu, mit fortschreitendem Alter von innen heraus abzusterben und zu faulen, sodass zunehmend nur ein „Ring“ übrig bleibt (Abbildung 4); hier ist es nur noch möglich, ein „Mindestalter“ anzugeben, da der innere Teil unbekannt bleibt.

Die Abb. 5 und 6 zeigen typische Wuchsformen der unterirdischen Teile der beiden Arten. Beide Arten neigen nicht zur vegetativen Vermehrung – auch die Ausläufer von *Potentilla* wurzeln nur ausnahmsweise an, bleiben jedoch beständig mit dem Mutterindividuum verbunden (und sind somit vielmehr als Legtriebe zu bezeichnen).

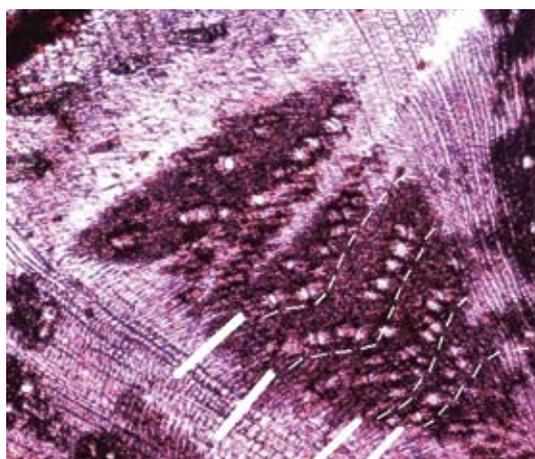


Abbildung 3: Mikroskopische Aufnahmen von Sprossquerschnitten der beiden Arten *Salvia pratensis* (links, 4 Jahre altes Individuum; mit Safranin gefärbt) und *Potentilla neumanniana* (rechts, 6 Jahre altes Individuum; ungefärbt).
Abbildungen: Sven Rubanschi (*Salvia*), Josef Simmel (*Potentilla*)



Abbildung 4: Bei *Salvia pratensis* neigen die Wurzeln zur Fäulnis, die inneren Teile der Wurzeln und des Sprossgrunds werden dadurch zerstört und stehen für die Jahrringzählung nicht mehr zur Verfügung. Exemplare auf dem Bild v. r. n. l. sind 4, 8 und mindestens 14 Jahre alt. Foto: Josef Simmel



Abbildung 5: Wuchsformen bei *Salvia pratensis* mit unverzweigter Sprossachse (links) bzw. mit zwei (rechts) oder drei Trieben (mitte). W = Wurzelhals. Foto: Josef Simmel



Abbildung 6: Wuchsformen von *Potentilla neumanniana* mit unverzweigter Sprossachse (links), mit zwei langen Legtrieben (mitte, unbewurzelt!) und mit drei etwa gleichaltrigen senkrechten Sprossen (rechts). H = Haupttrieb; W = Wurzelhals.

Fotos: Josef Simmel

Eine Unterscheidung der Individuen danach, ob sie vegetativ oder generativ entstanden sind, ist folglich nicht notwendig.

Neben der Auswertung der Jahresringzählung wurden die ermittelten Alterszahlen nach dem Vorschlag bei POSCHLOD et al. (2011) in vier Gruppen aufgeteilt: (i) 1 Jahr alt; (ii) 2 Jahre alt; (iii) 3-10 Jahre alt; (iv) > 10 Jahre alt.

Beide Varianten (Jahresringzählung, Altersgruppen) wurden auf Basis der Plots als Gruppenvergleiche ausgewertet (s. u.).

2.2.3 Räumliche Populationsstruktur aller 12 Arten

Ausgehend von den Daten aus der Erfassung der Sprosse wurden Verteilungs-Indices berechnet, die eine Einstufung erlauben, ob die Arten an ihren Vorkommen in den Parzellen geklumpt oder nicht geklumpt wachsen. Dies ist ein wichtiger Parameter hinsichtlich der Wachstumsweise und Vermehrung der Arten. „Geklumptes Wachstum“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die auf einer Fläche vorhandenen Sprosse unregelmäßig verteilt und dicht zusammen stehen, „ungeklumptes Wachstum“ dagegen meint eine eher gleichmäßige, lockere Verteilung

über die Fläche. Eine Klumpung von Sprossen findet sich häufig (aber nicht ausschließlich) bei klonal wachsenden Pflanzen, bei denen die Tochter sprosse dicht nebeneinander stehen.

Berechnet wurden die Verteilungs-Indices D und I_a . Dabei gibt D die Distanz bis zur Gleichverteilung an, d. h. wie viele Verschiebungen (als Summe der Weglänge aller Verschiebungen) nötig sind, um die Gleichverteilung der Sprosse/Ramets zu erreichen. D ist somit ein Maß der Ungleichverteilung – je höher der Wert, desto ungleicher die Verteilung, d. h., desto geklumpter sind die Sprosse. Der Wert selbst wird unter Anwendung eines Transport- oder Verschiebungsalgorithmus berechnet.

Allerdings ist D verständlicherweise stark abhängig von der Anzahl an vorhandenen Sprossen, was beim Vergleich recht uneinheitlicher Bestände zu Fehleinschätzungen führen kann. Durch Standardisierung erhält man den von der Spross-Anzahl unabhängigen Index I_a . Dazu werden Vielfachberechnungen (Permutationen) des Datensatzes unter Anwendung desselben Algorithmus wie für D ausgeführt und mit deren Mittelwert E_a der Wert D standardisiert:

$$I_a = D / E_a$$

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25



1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
4,1	4,2	4,3	4,4	4,5
5,1	5,2	5,3	5,4	5,5

Abbildung 7: Die für die Kartierung verwendeten 1 m × 1 m-Plots wurden in jeweils 25 Teilquadrate à 0,2 m × 0,2 m abgetrennt. Diese können in Koordinaten umgewandelt werden, wie sie für die Analyse der Sprossverteilung notwendig sind. Dabei werden den Teilquadraten entsprechend ihrer Lage entlang der x- und y-Achse Werte zugeordnet: das Teilquadrat links oben erhält die Koordinaten 1,1; für jeden Schritt nach rechts steigt die zweite Ziffer an, für jeden Schritt nach unten die erste Ziffer, bis das Teilquadrat rechts unten mit den Koordinaten 5,5 erreicht ist.

Abbildung: Josef Simmel

Der Index I_a hat folgende Wertebereiche:

- $I_a < 1$: Sprosse zunehmend weiträumig und zerstreut verteilt
- $I_a = 1$: Sprosse homogen und zufällig verteilt
- $I_a > 1$: Sprosse zunehmend geklumpert

An den Indices kann somit abgelesen werden, wie gleich oder ungleich die Sprosse über das Untersuchungsfeld verteilt sind und ob sie zur Klumpung neigen oder nicht (PERRY et al. 1996; PERRY et al. 1999).

Als Basis der Analyse wurden die Plot-Teilquadrate verwendet. Diese 25 Teilfelder wurden dazu als Koordinaten behandelt (Beispiel in Abbildung 7) und anhand dieser die Spross-Verteilung berechnet. Bei der Umrechnung in Koordinaten werden jedem Teilquadrat Werte für die Lage entlang der x- und y-Achse zugeordnet.

Verwendet wurde die Verteilungsanalyse nur bei den Arten, bei denen pro Parzelle durchgehend nur ein Plot bis maximal zwei Plots für die Erfassung nötig waren und diese Plots durchgehend mehr als 20 Sprosse umfassten; anderenfalls ist die Analyse nicht konsistent durchführbar.

Zur Wiedergabe der Populationsstruktur wurden weiterhin (i) die Anzahl fertiler Sprosse pro Plot sowie die (ii) Anzahl von Keimlingen und (iii) Jungpflanzen pro Parzelle erfasst. Diese wurden wie die Daten zur Anzahl der Sprosse (s. o.) nicht ausgewertet, sondern nur tabellarisch zusammengefasst.

Als fertil (i) wurden alle Sprosse betrachtet, die deutlich erkennbare Blütenknospen, Blüten oder Fruchtstände aufwiesen. Alle anderen Sprosse wurden als nicht fertil erfasst.

Als Keimling (ii) wurden Pflanzen erfasst, bei denen die Keimblätter oder Reste davon noch erkennbar waren, als Jungpflanzen (iii) solche, bei denen auch keine Reste der Keimblätter mehr erkennbar waren, die aber deutlich kleiner waren als die Mehrzahl der vorhandenen Sprosse und weniger bzw. nicht ausgewachsene Blätter hatten.

2.2.4 Verwendete Statistik-Software und Statistik-Verfahren

Die Gruppenvergleiche wurden in R, Version 3.1.1 i386 (R CORE TEAM 2014) als ANOVAs gerechnet, als Vergleich der einzelnen Parzellen je Standort. Bei gegebenen Voraussetzungen (Varianzhomogenität und

Normalverteilung der Daten) wurde dabei das Standardverfahren verwendet inklusive paarweiser Post-Hoc-Tests. Als Post-Hoc-Verfahren wurden Tukey-Tests benutzt mit Korrektur des Signifikanzniveaus nach Bonferroni-Holm.

Bei nicht erfüllten Voraussetzungen wurden, ebenfalls in R, robuste ANOVAs mit paarweisen Lincon-Tests als Post-Hoc-Verfahren gerechnet. Diese robusten Tests wurden mit den Funktionen von R. Wilcox gerechnet (erläutert z. B. bei WILCOX (2005); Download von <http://dornsife.usc.edu/assets/sites/239/docs/Rallfun-v25.txt>).

Zu beachten ist allerdings folgendes: während beim ANOVA-Standardverfahren zur Beurteilung signifikanter Unterschiede P -Werte verwendet werden (mit $P < 0,05$ als signifikant und $P \geq 0,05$ als nicht signifikant) stehen diese bei den robusten Verfahren nicht zur Verfügung, da die Berechnungsprozedur keine Normierung und Anpassung des Signifikanzniveaus erlaubt. Ob Unterschiede signifikant sind, kann bei den robusten Tests allerdings anhand des Konfidenzintervalls ermittelt werden: schließt das Konfidenzintervall die

Null mit ein (d. h., untere Grenze im negativen und obere Grenze im positiven Wertebereich), so ist der gefundene Unterschied nicht signifikant, schließt er die Null nicht mit ein (d. h., untere und obere Grenze entweder beide im negativen oder beide im positiven Wertebereich), ist der Unterschied signifikant.

Trotz des Fehlens eines P -Wertes ist die Verwendung dieser robusten Tests dem Ausweichen z. B. auf den Kruskal-Wallis-Test vorzuziehen: einerseits bringt die Anpassung an das Testverfahren mit nicht normalverteilten und/oder nicht varianzhomogenen Daten hier weniger Trennschärfeverlust mit sich als bei anderen Tests, andererseits können dadurch die geeigneten Datensätze auch weiterhin per Standard-ANOVA vergleichbar ausgewertet werden.

Für die Berechnung der Verteilungs-Indices wurde das Programm SADIE Shell, Version 2.0 (K. F. CONRAD; Freeware: <http://home.cogeco.ca/~sadiespatial/SADIE Shell.html>) verwendet. Die Berechnung erfolgte bei Standardeinstellungen (Anzahl Randomisierungszyklen: 153; Methode: Standard; parametrisches Verfahren).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Anzahl Sprosse / Ramets und Populationsstruktur aller 12 Arten

Die Ergebnisse der Kartierung der Sprosszahlen und ihrer Zuordnung zu den verwendeten Plots bzw. zu den Teilquadraten werden in den Tabellen 3 bis 7 (im Anhang) dargestellt. Die Daten zur Anzahl der Sprosse pro Teilquadrat wurden (mit Ausnahme von *Leucanthemum*, hier für statistische Aussage zu wenig Wiederholungen möglich) als Gruppenvergleiche statistisch ausgewertet; die Ergebnisse zu diesen ANOVAs und Post-Hoc-Tests finden sich in Tabelle 8 und 9 (im Anhang).

In den Tabellen 3 bis 7 wird die Anzahl an fertilen Sprossen aufgelistet, in Tabelle 10 die Anzahl an Keimlingen und Jungpflanzen. Hierbei wurden nur zu fünf von den insgesamt zwölf erfassten Arten Keimlinge

oder Jungpflanzen gefunden. Die über alle besetzten Parzellen hinweg höchsten Zahlen an Jungpflanzen konnten dabei für *Rumex acetosa* nachgewiesen werden, Keimlinge sogar nur für diese Art.

Die Ergebnisse der Verteilungsanalyse sind in den Tabellen 11 und 12 (im Anhang) dargestellt, wobei diese nur für die drei Arten *Arrhenatherum elatius*, *Arnica montana* und *Genista sagittalis* möglich war.

Für die meisten Arten zeigt sich ein durchgehend recht uneinheitliches Bild, was die Anzahl der Sprosse und die der benötigten Plots und Teilquadrate angeht. Nur gut ein Drittel (11 von 27), und somit vergleichsweise wenige der Gruppenvergleiche zur Sprossanzahl pro Plot ergaben jedoch signifikante Unterschiede, sodass in den überwiegenden Fällen die große

Schwankungsbreite als (\pm) zufällig erachtet werden muss. Im folgenden werden die Ergebnisse nach Arten getrennt diskutiert, basierend u. a. auf den in 2.1 gegebenen Artbeschreibungen (Literaturzitate s. dort).

Achillea millefolium

Bei der Sprosskartierung konnten bis zu 103 Sprosse pro m² und bis zu 4,7 Sprosse pro Teilquadrat nachgewiesen werden, mehrmals waren aber aufgrund geringerer Sprossdichten auch mehrere Plots nötig. Dabei ergaben sich nur für den Standort Hepsisau signifikante Unterschiede, wobei die Weideparzelle deutlich niedrigere Werte als die externe Erfassung aufwies. Die Bestände in den Parzellen am Standort Oberstetten zeigen tendenziell höhere Werte als die an den beiden anderen Standorten.

In 9 von 15 Parzellen waren größere Zahlen von fertilen Sprossen vorhanden. Keimlinge wurden nur in der Weideparzelle in Hepsisau gefunden, Jungpflanzen gar nicht.

Die Schafgarbe bildet unterirdische Ausläufer, sodass Bestände der Art i. d. R. aus in Gruppen stehenden Sprossen bestehen; das bei der Kartierung gefundene Muster passt gut zu dieser Wuchsweise. Abgesehen von drei Parzellen (BW in Hepsisau, 2M und 1Ms in Ettenheimmünster) ähneln sich die Sprosszahlen dabei über Parzellen und Standorte hinweg recht stark, auffällig ist jedoch trotz allem das praktisch völlige Fehlen von neu etablierten Individuen.

Arnica montana

Die Bestände der Arnika zeigten sich innerhalb der Versuchsfläche Bernau sehr unterschiedlich, mit bis zu 131 Sprossen pro Plot und bis zu knapp 7 Sprossen pro Teilquadrat. Im Gegensatz dazu zeigte die externe Erfassung deutlich niedrigere Werte, die beim Vergleich mit den Parzellen 1Ms und M2 auch signifikant sind. Die höchste Sprossdichte pro Plot und pro Teilquadrat fand sich für die Behandlung M2.

Fertile Sprosse wurden in geringer Zahl (1Ms, externe Erfassung) oder nicht nachgewiesen; Keimlinge und Jungpflanzen konnten nicht gefunden werden.

Der Verteilungsindex I_a schwankt nur wenig um 1, der Index D liegt für die Parzelle 2M sehr niedrig bei nur knapp 46 Einheiten, sonst aber deutlich höher. Das bedeutet, dass die einzelnen Sprosse untereinander dicht stehen, aber regelmäßig verteilt sind.

Bereits beim Geländegang ist erkennbar, dass *Arnica montana* in den Bernauer Parzellen in sehr dichten Patches wächst, was im Vergleich zur externen Erfassung die deutlich höheren Sprosszahlen pro Flächeneinheit mit sich bringt. Die Sprosse sind dabei aber ziemlich gleichmäßig verteilt ($I_a \approx 1$). Aus der geringen Blütrate und dem Fehlen von Keimlingen und Jungpflanzen ist zu schließen, dass unter den bestehenden Managementregimen trotzdem mehr oder weniger ausschließlich eine klonale Vermehrung erfolgt.

Aus den deutlichen Unterschieden zur externen Erfassung ergibt sich ein starker Einfluss der Mulchregime auf die Bestandsstruktur der Art.

Arrhenatherum elatius

Beim Glatthafer reichte bei bis zu 183 Sprossen pro m² und bis zu knapp zehn Sprossen pro Teilquadrat in den meisten Fällen ein Plot für die Erfassung aus. Ausgenommen den Standort Oberstetten, wo sich die Ergebnisse der externen Erfassung signifikant von denen der Erfassung der Bestände in den Parzellen 1Mf und 1Ms unterscheiden, liegen die Sprosszahlen bei vergleichbaren Werten, erreichen aber in Oberstetten fast durchwegs höhere Werte als an den anderen drei Standorten.

Fertile Sprosse konnten, bis auf den Standort Hepsisau, in den meisten Parzellen in größerer Zahl gefunden werden, während in keiner der untersuchten Parzellen Keimlinge oder Jungpflanzen nachgewiesen wurden.

Der Verteilungsindex I_a liegt für einen Teil der Parzellen wenig unter oder über 1, mehrere Werte weichen aber stärker ab bis herunter zu 0,82 bzw. bis hinauf zu 1,47. Die Werte für D betragen fast durchgehend deutlich über 100 Einheiten.

Als locker wachsendes Horstgras mit unterirdischen Trieben bildet *A. elatius* eigene, z. T. recht ausgedehnte und sprossreiche Bestände, die wie anhand der Verteilungsanalyse zu erkennen ist, unabhängig von Standort und Management wenig bis mäßig zu zerstreuter oder geklumpter, häufig aber eher zu homogener Verteilung neigen. Das völlige Fehlen von Keimlingen und (als solche erkennbaren) Jungpflanzen dürfte ein weiterer Hinweis darauf sein, dass der Großteil der gefundenen Sprosse zu etablierten und ausgedehnten Horsten gehören.

Überraschend waren die durchgehend relativ niedrigen Sprosszahlen und das fast völlige Fehlen von fertilen Trieben am Standort Hepsisau; als basen- und nährstofffordernde Art (Ellenberg-Zeigerwerte R 7, N 7) sollten dem Glatthafer die Bedingungen am Standort eigentlich gut zusagen (vgl. SCHREIBER 2009), sodass sich hier eventuell klimatische oder in der Artenkonkurrenz zu suchende Ursachen auswirken.

Brachypodium pinnatum

Mit Ausnahme der Parzellen Beweidung und 1Mf in St. Johann und der externen Erfassung in Rangendingen erreicht die Fieder-Zwenke durchweg hohe bis sehr hohe Werte bei der Sprossanzahl pro m² (bis zu 267) und pro Teilquadrat (bis zu 10,68), sodass, die o. g. Parzellen ausgenommen, jeweils ein Plot für die Kartierung genügte. Signifikante Unterschiede in der Sprossanzahl pro Teilquadrat ergaben sich für den Standort St. Johann. Die Bestände der Parzellen Beweidung, 1Mf und 2M hoben sich dabei durch ihre niedrigeren Werte von denen der anderen Parzellen ab, die Sukzessionsparzelle wich innerhalb dieser durch ihre hohen Werte ab.

Nur in sieben von 13 Parzellen wurde eine größere Anzahl von fertilen Trieben gefunden, jedoch in keiner der untersuchten Parzellen Keimlinge oder Jungpflanzen. Fertile Triebe traten in den Parzellen mit wenig intensivem Management oder bei Sukzession auf, intensives Management (mehrmaliges Mulchen pro Jahr, einmal Mulchen früh) unterband weitgehend oder vollständig die Bildung von fertilen Trieben.

B. pinnatum zeigte ein ähnliches Wuchsbild wie *Arrhenatherum elatius*, welches ebenfalls tendenziell horstig wächst und unterirdische Ausläufer bildet. Die dort getroffenen Folgerungen können hierfür größtenteils übernommen werden. Allerdings hat das Management auf die Fieder-Zwenke offenbar einen deutlichen Einfluss, da z. T. signifikant, z. T. nur tendenziell die Weideparzelle sowie die zweimal jährlich bzw. jährlich gemulchten Parzellen deutlich niedrigere Werte aufwiesen als die gemähten sowie die weniger intensiven Parzellen.

Genista sagittalis

Der Flügelginster bildet am Standort Bernau, mit Ausnahme der zweimal jährlich gemulchten Parzelle, sehr üppige und dichte Bestände mit bis zu 176 Sprossen pro m² und mit bis zu fast neun Sprossen pro Teilquadrat in den Parzellen 1Ms und US. Trotz der großen Unterschiede zur Parzelle 2M sind diese jedoch nicht statistisch signifikant.

Daneben wurden bis auf die Parzelle M2 stets mehrere bis sehr viele (93) fertile Triebe nachgewiesen. Keimlinge oder Jungpflanzen wurden allerdings nicht gefunden.

Die Sprosse des Flügelginsters neigen den Werten der Verteilungsindices zufolge (I_a stets > 1, D stets größer 230) mäßig bis stark zur Klumpung.

Da es sich um einen Zwergstrauch mit oft niederliegenden und am Ende aufsteigenden Trieben handelt, sind die großen Sprossdichten sowie das geklumpte Wachstum nicht überraschend; tendenziell negativ wirkt sich dabei das intensive Mulchregime der Parzelle 2M aus. Trotz der großen Blütrate findet wenig bis keine Verjüngung statt.

Leucanthemum ircutianum* und *L. vulgare

Zu den beiden Margeriten-Arten kann nur wenig gesagt werden, da nur wenige und dabei stets sehr spärliche Vorkommen in insgesamt fünf Parzellen vorhanden waren. Es scheinen sich, was die Sprosszahlen angeht, keine tatsächlichen Unterschiede zwischen den Parzellen zu ergeben. Auch die Anzahl fertiler Sprosse ist in allen fünf Parzellen nahezu gleich hoch.

Luzula campestris

Die Feld-Hainsimse kam an den besiedelten Standorten stets recht zerstreut bis spärlich, aber doch konstant vor. Zwischen drei und sechs Plots wurden für die Erfassung benötigt. Darin konnten bis zu 3,3 Sprosse pro m² und bis zu 1,5 Sprosse pro Teilquadrat gefunden werden. Für St. Johann liefert der Gruppenvergleich der Parzellen ein signifikantes Ergebnis, die Parzellen untereinander sind jedoch alle knapp nicht signifikant verschieden hinsichtlich der Sprosszahlen.

Fertile Sprosse wurden nur am Standort Bernau gefunden, wobei hier alle nachgewiesenen Sprosse fertil waren. Keimlinge oder Jungpflanzen wurden aber nicht beobachtet.

Mit Ausnahme der Anzahl fertiler Sprosse unterschieden sich die Vorkommen an den drei Standorten nicht oder nur wenig deutlich, und auch das Management scheint keinen ausgeprägten Einfluss auf die Art zu haben.

Nardus stricta

Während sich die Anzahl der Sprosse pro Teilquadrat beim Vergleich der Parzellen am Standort Bernau nur geringfügig unterschied, war die Dichte der Vorkommen sehr verschieden, sodass zwischen zwei und 15 Plots benötigt wurden mit zwischen 1,2 und 26,5 Sprossen pro m². Signifikante Unterschiede der Sprosszahlen zeigten sich darin, dass in den Parzellen Beweidung und 2M höhere Werte auftraten als in den vier anderen (1Ms, M2, US, ext).

Fertile Sprosse konnten in größerer Anzahl nur bei der externen Erfassung sowie am Standort in der Weideparzelle nachgewiesen werden, Keimlinge und Jungpflanzen dagegen gar nicht.

Während sich in der Weideparzelle und – weniger deutlich – in der externen Erfassung die Bedingungen bezüglich der Dichte der Vorkommen und der Anzahl fertiler Sprosse als günstig erweisen, waren die Mulchregime und das Sukzessionsgeschehen klar als negativ zu bewerten. Dies passt zur Einordnung der Art als Zeiger für (extensive) Beweidung (OBERDORFER 2001; vgl. auch DIERSCHKE & BRIEMLE 2008).

Potentilla neumanniana

Bei bis zu gut 8,5 Sprossen pro m² und bis zu 1,8 Sprossen pro Teilquadrat waren für die Kartierung des Frühlings-Fingerkrauts zwischen sechs und 22 Plots nötig. Trotz der sehr verschiedenen Dichte und Größe der Vorkommen gab es aber bei der Anzahl der Sprosse pro Teilquadrat keine signifikanten Unterschiede.

Entsprechend der frühen Blütezeit der Art konnten nur an wenigen Individuen (vermutlich Nach-)Blüten gefunden werden. Daneben wurde in der Weideparzelle in St. Johann eine Jungpflanze, sonst aber keine weiteren sowie auch keine Keimlinge gefunden (siehe dazu auch Abschnitt 3.2).

Aus den Daten zur Kartierung wurde kein Muster deutlich, welches einen Einfluss der standörtlichen Gegebenheiten oder des Managements erkennen ließe. Als niedrig wachsende Art dürfte die Art, ähnlich wie z. B. auch *Luzula campestris*, bei verschiedenen Pflegemethoden weitgehend gleich reagieren.

Rumex acetosa

Der Sauer-Ampfer zeigte sowohl beim Vergleich der sieben erfassten Standorte als auch beim Vergleich der Parzellen eines Standorts eine große Schwankungsbreite bezüglich der Anzahl benötigter Plots und der Anzahl an Sprossen pro m². Hinsichtlich der Anzahl an Sprossen pro Teilquadrat ergaben sich dabei signifikante Unterschiede für die Standorte Bernau, Ettenheimmünster und Melchingen.

In Bernau unterschied sich hierbei die Weideparzelle durch niedrigere Werte von der Parzelle M2 und der externen Erfassung, jedoch nicht von den anderen Parzellen. In Ettenheimmünster unterschied sich die Parzelle 2M aufgrund niedrigerer Werte von der Parzelle 1Mf und der externen Erfassung, in Melchingen die Parzelle 2M durch höhere Werte von der Parzelle M2.

Fertile Sprosse wurden nur in drei Parzellen in größeren Mengen gefunden (Bernau, M2; Melchingen, externe Erfassung; Ettenheimmünster, 1Ms), Jungpflanzen dagegen sehr regelmäßig, Keimlinge wiederum nur in zwei Parzellen (Melchingen, 1Ms und M2).

Es ist gut zu erkennen, dass sich bei allen gegebenen Unterschieden kein einheitliches Muster ergibt; die nachgewiesenen Unterschiede dürften zufällig sein. Der Sauer-Ampfer wies eine starke Verjüngung auf, wobei er im Gegensatz zu den meisten hier behandelten Arten nicht klonal wächst, und folglich stärker auf Neuansiedlungen als diese angewiesen ist.

Salvia pratensis

Für die Erfassung des Wiesen-Salbeis waren zwischen zwei und 18 Plots nötig. Dabei wurden bis zu knapp 30 Sprosse pro m² und bis zu 2,8 Sprosse pro Teilquadrat nachgewiesen. Signifikante Unterschiede ergaben sich für beide Standorte. Die Bestände der Parzellen 2M und 1Mf am Standort Oberstetten unterschieden sich dabei durch niedrigere Sprosszahlen pro Teilquadrat von dem Bestand der Parzelle 1Ms, während sich am Standort Rangendingen die Parzelle M2 durch höhere Sprosszahlen von den Parzellen 1Mf, 1Ms und US unterscheiden.

Fertile Sprosse wurden mit Ausnahme der Parzelle 2M in Oberstetten immer gefunden, allerdings nur bis zu vier pro m². Jungpflanzen waren in allen Parzellen ± zahlreich vorhanden, Keimlinge dagegen nicht (s. dazu Abschnitt 3.2).

Mit Ausnahme der Sukzessionsparzelle in St. Johann, die die niedrigsten Sprosszahlen-Werte aller verglichenen Parzellen lieferte, waren sonst keine ausgeprägteren Unterschiede zu erkennen, da die verschiedenen Mulchparzellen und die externe Erfassung ähnliche Werte lieferten.

Scabiosa columbaria

Ohne Auftreten signifikanter Unterschiede schwankten die Werte zu den erhobenen Daten (Anzahl benötigte Plots, Anzahl Sprosse pro m², Anzahl Sprosse pro Teilquadrat) in beträchtlichem Maße, mit den höchsten Sprosszahlen bei den Mulchregimen 2M und M2 sowie der Mahdparzelle in St. Johann und der externen Erfassung in Rangendingen.

Fertile Sprosse konnten mit Ausnahme der beweideten Parzelle stets nachgewiesen werden, die höchste Anzahl mit sieben pro m² in der Parzelle 1MA in

St. Johann. In fünf von neun Parzellen waren auch Jungpflanzen nachzuweisen, Keimlinge dagegen nicht.

Beweidung, Sukzession sowie frühes, einmaliges Mulchen wirken sich auf Bestände der Tauben-Skabiose deutlich negativ aus, regelmäßiges oder seltenes Mulchen oder Mähen wurden dagegen deutlich besser vertragen. Insgesamt wächst die Art jedoch meist recht individuenarm und zerstreut bzw. in lockeren Gruppen, sodass eine klare Aussage schwierig sein dürfte.

3.2 Altersstruktur (*Salvia pratensis*, *Potentilla neumanniana*)

Die Daten zur Altersstruktur wurden als Gruppenvergleiche ausgewertet, um die Bestände in den verschiedenen besiedelten Parzellen gegeneinander zu testen. Die Ergebnisse dazu sind in den Tabellen 13 und 14 dargestellt. Signifikante Unterschiede ergaben sich bei zwei der zwölf Datensätze.

In den Abbildungen 8 und 9 wird getrennt nach Parzellen dem Alter in Jahren die jeweils gefundene Individuenzahl gegenübergestellt, sowie das Durchschnittsalter über alle Individuen dieser Parzelle angegeben.

Potentilla neumanniana

Die Gruppenvergleiche über alle Parzellen, in denen das Frühlings-Fingerkraut für die Altersanalyse erfasst wurde, ergab weder für die Jahrringzählungen noch für die Anzahl benötigter Plots signifikante Unterschiede. Das durchschnittliche Alter der Individuen liegt dabei aber in den Parzellen 1Mf und 1Ms in St. Johann um ein knappes Jahr höher als in den Parzellen 1Ms in Rangendingen und BW und M2 in St. Johann. Die Anzahl benötigter Plots schwankt ebenfalls beträchtlich zwischen 2,7 und 9,2.

Auch beim Vergleich der Altersklassen ergaben sich signifikante Unterschiede nur für die dritte Altersklasse (Individuen 3–10 Jahre alt). Dabei ist die Parzelle M2 (St. Johann) aufgrund höherer Werte signifikant verschieden von allen anderen Parzellen, und die Parzellen 1Ms in Rangendingen und M2 in St. Johann sind verschieden von den St. Johann-Parzellen 2M, 1Mf und 1Ms.

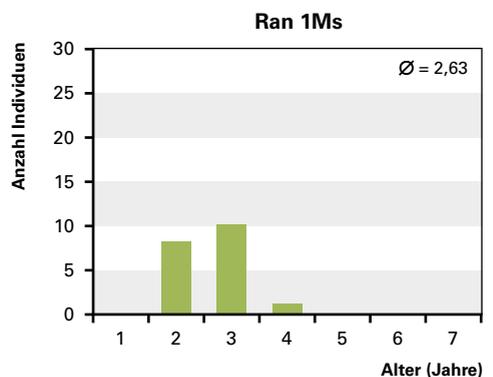
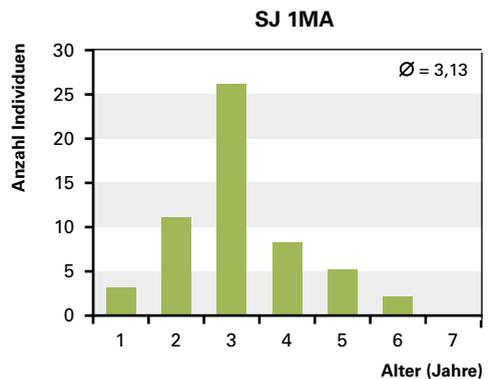
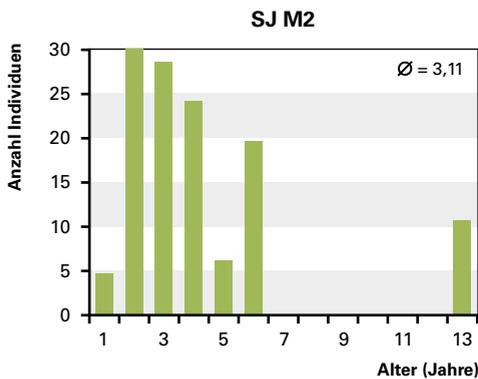
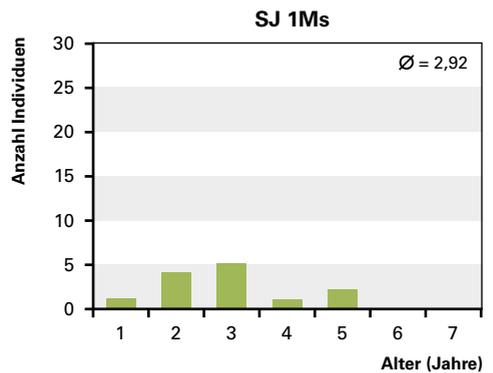
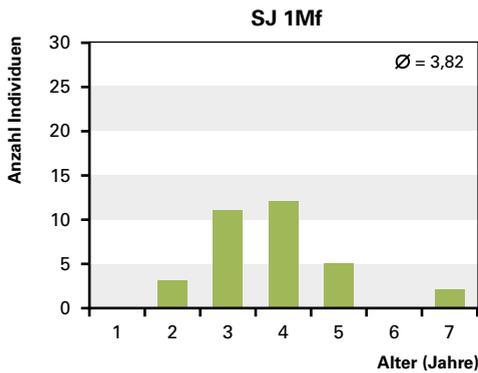
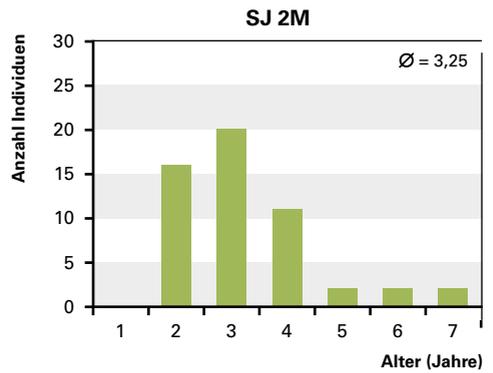
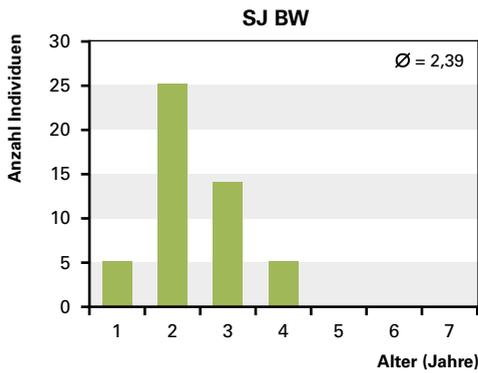


Abbildung 8: Auftragung der Individuenzahlen von *Potentilla neumanniana* gegen das Alter in Jahren, getrennt nach Parzellen, sowie Angabe des Durchschnittsalters.
Erklärungen: Ran = Rangendingen, SJ = St. Johann

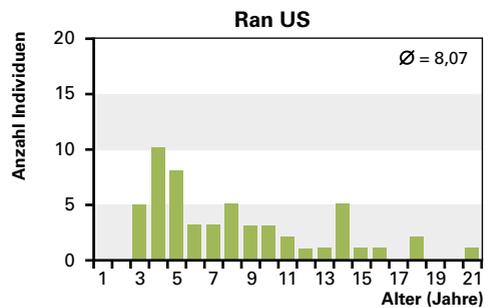
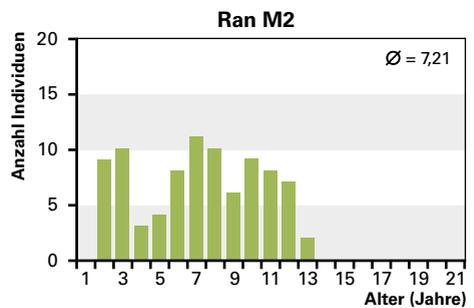
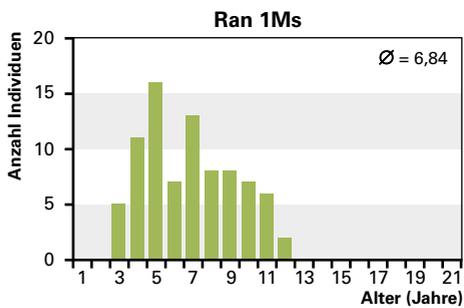
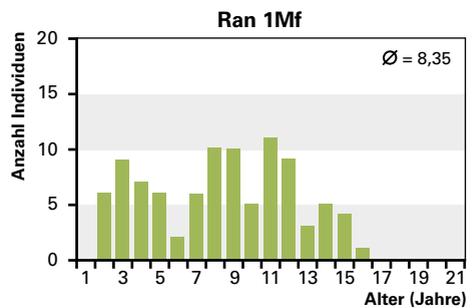
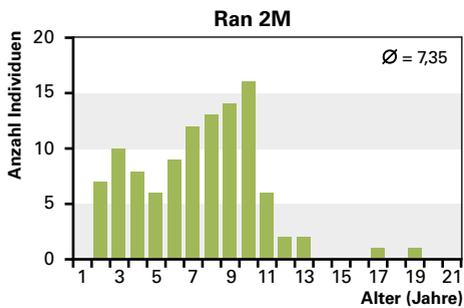
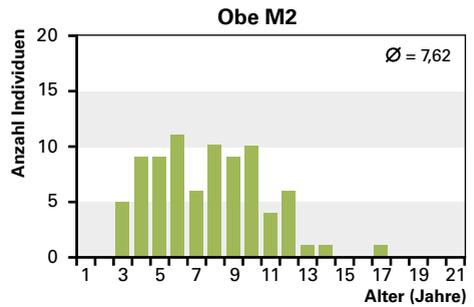
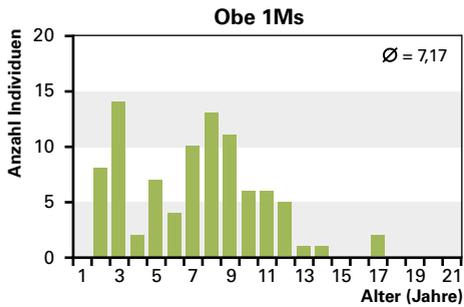
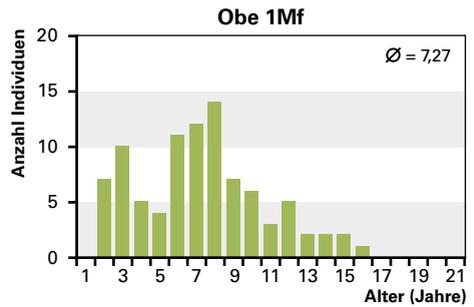
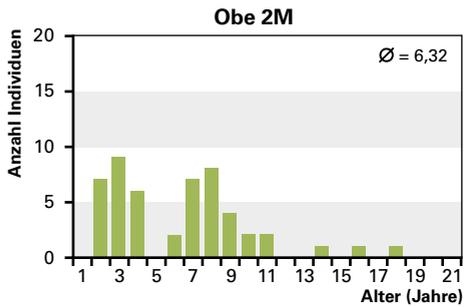


Abbildung 9: Auftragung der Individuenzahlen von *Salvia pratensis* gegen das Alter in Jahren, getrennt nach Parzellen, sowie Angabe des Durchschnittsalters.
Erklärungen: Obe = Oberstetten, Ran = Rangendingen

Bei Betrachtung der gegen das Alter in Jahren aufgetragenen Individuenzahlen fällt zum einen auf, dass bis auf eine Parzelle (1MA in St. Johann: 13) die ältesten Individuen meist fünf- bis siebenjährig sind, und dass das Maximum durchgehend im Altersbereich von zwei bis vier Jahren liegt. Das Durchschnittsalter pro Parzelle liegt bei 2,4 (Beweidung in St. Johann) bis 3,8 Jahren (1Mf in St. Johann), wobei neben diesem Minimal- und Maximalwert die meisten Flächen Werte von etwa 3 Jahren aufweisen. Einjährige Individuen sowie solche, die fünfjährig oder älter sind, wurden deutlich seltener nachgewiesen.

Anhand dieser Zahlen ist zu erkennen, dass die *Potentilla*-Pflanzen in den betrachteten Parzellen typischerweise mindestens vier bis sieben Jahre alt werden, bei einem Ausreißer mit 13 Jahren. Die niedrigsten Durchschnittswerte treten in den Parzellen BW in St. Johann und 1Ms in St. Johann und Rangendingen auf, sodass in diesen der Anteil sehr alter Individuen im Vergleich zum Anteil besonders junger Individuen besonders niedrig ist. Dieses Verhältnis erscheint umgekehrt in den Parzellen 2M und 1Mf in St. Johann.

Außerdem scheint in den Jahren (2010) 2011 bis 2012 die Etablierungsrate sehr hoch gewesen zu sein. Da in vier von sieben Parzellen einjährige Individuen gefunden wurden, funktioniert die Verjüngung offenbar auch aktuell recht gut.

Salvia pratensis

Wie bei *Potentilla neumanniana* ergab sich auch für *Salvia pratensis* kein signifikanter Unterschied beim Vergleich der Jahrringzählung, und ebenfalls auch nicht beim Altersklassenvergleich. Während das durchschnittliche Alter pro Parzelle bei etwa sechs bis gut sieben Jahren liegt, weisen die Parzellen 1Mf und US in Rangendingen ein Durchschnittsalter von gut acht Jahren auf.

Signifikante Unterschiede lieferte der Vergleich der Anzahl benötigter Plots, wobei sich hier v. a. die Rangendinger Parzellen 1Ms und US durch niedrigere Werte von der Parzelle 2M unterscheiden.

Die Auftragung der Individuenzahl gegen das Alter in Jahren zeigt wie bei *Potentilla* einen Schwerpunkt, der

hier bei 2 bis 12, seltener bis 15 Jahren liegt. Ältere Exemplare (ältestes mit 21 Jahren) wurden nur selten gefunden, Einjährige gar nicht. Das Durchschnittsalter für *S. pratensis* liefert Werte von 6,3 (2M in Oberstetten) bis 8,4 Jahren (1Mf in Rangendingen). Wie für *P. neumanniana* beschrieben ist entsprechend auch hier das Verhältnis sehr junge–sehr alte Individuen für die Parzelle 2M in Oberstetten am stärksten nach links verschoben (hoher Anteil junger Individuen) und für die Parzellen 1Mf und US in Rangendingen am stärksten nach rechts (hoher Anteil alter Individuen), während die restlichen Parzellen bei Durchschnittswerten von ca. 7 Jahren herum liegen.

Für den Wiesen-Salbei in den untersuchten Parzellen kann folglich gesagt werden, dass die meisten Pflanzen etwa elf bis 15 Jahre alt werden, dass der Etablierungserfolg in den Jahren vor 2013 gleichmäßig gut war, und dass im Jahr 2013 offenbar keinerlei Verjüngung stattgefunden hat. Ob dies eine Ausnahme bleibt, bedingt z. B. durch ungünstige klimatische Bedingungen, oder ob es sich um einen anhaltenden Trend z. B. aufgrund einer sich verdichtenden Streuschicht handelt, muss bei weiteren Studien untersucht werden.

3.3 Bewertung der Pflegemaßnahmen auf LRT-Ebene

LRT 6210 – Kalk-Magerrasen (Rangendingen, St. Johann)

Zur Bewertung der Standorte, die dem Lebensraumtyp Kalk-Magerrasen zugeordnet werden können, wurden die Arten *Brachypodium pinnatum*, *Luzula campestris*, *Potentilla neumanniana*, *Rumex acetosa*, *Salvia pratensis* und *Scabiosa columbaria* verwendet.

Bei der Kartierung ergaben sich für *L. campestris*, *P. neumanniana*, *R. acetosa* und *S. pratensis* keine oder zumindest keine ausgeprägten Unterschiede im Vergleich der einzelnen Parzellentypen und Standorte; beim Wiesen-Salbei war allerdings die Sukzessionsparzelle deutlich schwächer besetzt als die anderen. Auf diese vier Arten scheinen also die Managementmethoden keinen stärkeren Einfluss zu haben.

Ein stärkerer Einfluss der Managementmethode auf den Bestand war dagegen bei *B. pinnatum* und *S. columbaria*

erkennbar, beide zeigten aber wiederum nur geringe Unterschiede beim Vergleich der Standorte. Während *B. pinnatum* positiv (höhere Sprosszahlen und -dichten) auf extensives Mulchen (M2), Ungestörte Sukzession (US) sowie Mähen mit Abräumen (1MA) und negativ auf Beweidung (BW) und häufiges Mulchen (2M, 1Mf, 1Ms) reagiert, sind bei *S. columbaria* v. a. häufiges Mulchen und Mähen mit Abräumen positiv zu bewerten.

Für *Potentilla neumanniana* und *Salvia pratensis* wurde auch die Altersstruktur untersucht. Bei beiden Arten unterschieden sich die analysierten Parameter beim Parzellenvergleich kaum, für nur je einen Parameter fanden sich signifikante Unterschiede. Allerdings gab es für das Durchschnittsalter pro Parzelle deutliche Tendenzen. Für *P. neumanniana* förderten Beweidung (BW) und spätes Mulchen (1Ms) Bestände mit mehr jungen Individuen, für *S. pratensis* ebenfalls spätes Mulchen (1Ms). Ebenfalls bei beiden Arten führen frühes (1Mf) bzw. zweimaliges Mulchen (2M) zu Beständen mit hohem Durchschnittsalter, für *S. pratensis* außerdem die Sukzession (US). Möglicherweise unterdrückt der vergleichsweise frühe Schnitt Ende Juni bzw. Anfang Juli bei den Maßnahmen 2M und 1Mf beim größten Teil der Individuen eine erfolgreiche Samenproduktion. So erfolgte



Abbildung 10: An den jeweiligen Standorten liegen die unterschiedlichen Parzellen handtuchartig nebeneinander, hier gezeigt für den Standort Rangendingen. Je nach Blühaspekt treten die schmalen Trennstreifen oft recht auffällig hervor, im Bild durch starkes Auftreten von *Leucanthemum vulgare*.

Foto: Josef Simmel

bei Untersuchungen von KALMUND (1985) im Jahre 1983 der Schnitt bei der Variante 2M zum Zeitpunkt der Vollblüte beider Arten auf den jeweiligen Untersuchungsflächen, und danach kamen beide Arten nicht mehr zum Blühen.

Eine gute Verjüngung im Untersuchungsjahr zeigten *Rumex acetosa* und *Scabiosa columbaria*, während von *Potentilla neumanniana* und *Salvia pratensis* bei der Altersanalyse für 2014 keine ein- und bei *Salvia* mehrfach auch keine zweijährigen Individuen gefunden wurden.

Für den LRT 6210 Kalk-Magerrasen lässt sich zusammenfassend sagen, dass, ausgenommen *Brachypodium pinnatum* (gefördert in M2, 1MA und US) und *Scabiosa columbaria* (gefördert in 2M, 1Mf und 1Ms), die anderen Arten keinen ausgeprägten Einfluss der Managementmethoden zeigen. Vorteilhaft sind folglich v. a. die intensiveren Mulchregime, da sie die stark wüchsige Fieder-Zwenke zurückdrängen. An der Altersanalyse zeigt sich aber, dass das Management der Phänologie der Arten angepasst sein muss, um eine effektive Verjüngung zu fördern und einer Überalterung der Bestände vorzubeugen.

LRT 6230 – Artenreiche Borstgrasrasen (Bernau)

Am Standort Bernau wurden folgende Arten untersucht: *Arnica montana*, *Genista sagittalis*, *Luzula campestris*, *Nardus stricta* und *Rumex acetosa*.

Bei der Kartierung war auch hier für *L. campestris* und *R. acetosa* kein ausgeprägter Einfluss der Managementmethoden erkennbar, während sich bei den anderen Arten Unterschiede zeigten. Bei der Arnika war die Sprosszahl pro Plot in den Parzellen höher als in der externen Erfassung (allerdings vermutlich rein klonal wachsend), während der Flügelinster negativ auf das regelmäßige Mulchen in der Parzelle 2M reagiert. Das Borstgras wiederum reagiert hinsichtlich Vorkommen und Blütenzahlen positiv auf Beweidung (BW).

Mit Ausnahme des Sauer-Ampfers waren für keine der Arten Keimlinge oder Jungpflanzen nachweisbar.

Für die Arten der Borstgrasrasen dürften (für *Arnica montana* mangels Vorkommen nicht evaluierbar) Beweidung und jährliches Mulchen (1Mf oder 1Ms) somit die

am besten geeigneten Pflegemaßnahmen sein, insbesondere die Beweidung aufgrund des selektiven Fressverhaltens der Weidetiere. Da es sich bei den untersuchten Arten vorrangig um Lichtkeimer handelt, könnte gelegentliches Mähen mit Abräumen oder phasenweise sehr starke Beweidung bei der Verjüngung hilfreich sein – in ähnlicher Weise traten auch bei KAHMEN & POSCHLOD (1998) nach Schlegelmahd die höchsten Anteile fertiler Sprosse auf, bei gleichzeitig gleichmäßigem und wenig klonalem Wachstum. Schlegelmahd ist ein dem Mulchen ähnliches Verfahren, bei dem jedoch längere, bis in den Oberboden dringende Hämmer verwendet werden. Im Unterschied zum Mulchen wird hier nicht nur die oberirdische Biomasse zerkleinert, sondern auch der Oberboden aufgerissen, außerdem werden nahe der Oberfläche im Boden befindliche Ausläufer, Wurzelstöcke etc. zerteilt. Dies unterbindet in hohem Maß ein klonales Wachstum.

LRT 6510 – Magere Flachland-Mähwiesen (Ettenheimmünster, Hepsisau, Melchingen, Oberstetten)

Achillea millefolium, *Arrhenatherum elatius*, *Leucanthemum ircutianum*, *L. vulgare*, *Rumex acetosa* und *Salvia pratensis* wurden für diesen LRT untersucht.

Für *A. elatius* ergaben sich keine deutlichen Unterschiede im Vergleich der Parzellen, ebenso auch nicht für die beiden *Leucanthemum*-Arten (bei allerdings wenigen Wiederholungen), *R. acetosa* und *S. pratensis*.

Bei *Achillea millefolium* ergeben sich bei Beweidung (BW) gegenüber der externen Erfassung niedrigere Werte, auffällig sind daneben die durchgehend niedrigeren Werte für die Parzellen in Ettenheimmünster. Weitere Unterschiede sind nur sehr schwach ausgeprägt oder fehlen gänzlich.

Die Altersstruktur von *Salvia pratensis* wurde bereits bei LRT 6210 besprochen, es zeigten sich wiederum kaum Unterschiede, mit Ausnahme des Durchschnittsalters pro Parzelle. Zweimaliges Mulchen (2M) schuf hierbei die durchschnittlich jüngsten Bestände, extensives Mulchen (M2) die ältesten.

Lediglich für *Rumex acetosa* und *S. pratensis* konnte eine gute Verjüngung nachgewiesen werden, bei den anderen Arten wurden weder Keimlinge noch Jungpflanzen gefunden. Auf den Mageren Flachland-Mähwiesen-Standorten kommen die meisten Arten aufgrund der verbesserten Nährstoffversorgung und/oder der Lage an wärmeren Standorten früher zur Blüte und können damit auch die Samenreife früher abschließen (KALMUND 1985).

Anhand der untersuchten Arten lassen sich für die Mageren Flachland-Mähwiesen-Bestände kaum größere Unterschiede beim Vergleich der Managementmethoden erkennen, einzig Beweidung und Sukzession sind zumindest tendenziell negativ zu bewerten. Für ein intensives Management, z. B. als 2M, spricht das hier deutlich abgesetzte niedrige Durchschnittsalter. Eine phänologische Anpassung scheint hier folglich weniger wichtig



Abbildung 11: Blühaspekt des Wiesen-Salbeis (*Salvia pratensis*) und des Zottigen Klappertopfes (*Rhinanthus alectorolophus*) auf der Versuchsfäche Melchingen.
Foto: Patricia Krickl

als z. B. bei den Kalk-Magerrasen, dagegen jedoch wie bei diesen eine regelmäßige Auflichtung zur Förderung der Verjüngung. Ein später Managementzeitpunkt ist hinsichtlich der Blühzeitpunkte und der Verjüngung tendenziell aber trotzdem einem frühen vorzuziehen.

3.4 Bewertung der Pflegemaßnahmen auf Artebene

3.4.1 Gemeinsame Betrachtung

Insgesamt zeigen sich die untersuchten Bestände auffällig ähnlich, sowohl was den Vergleich der Standorte angeht, als auch die Gruppenvergleiche der verschiedenen Parzellen. Ähnliche Ergebnisse erhielten BÜHLER & SCHMID (2001) für *Succisa pratensis* und HEGLAND & VAN LEEUWEN (2001) für die auch in der vorliegenden Arbeit untersuchte *Salvia pratensis*. In beiden Studien traten nur schwache und eher tendenzielle Unterschiede zwischen den untersuchten Managementmethoden auf, für *S. pratensis* zeigte sich v. a. bei spätem Mähen eine gute Verjüngung.

Ausgeprägtere Unterschiede fanden sich in der vorliegenden Untersuchung für *Arnica montana* (Mulchen negativ, v. a. frühes Mulchen), *Brachypodium pinnatum* (Beweidung und intensives Mulchen negativ), *Genista sagittalis* (intensives Mulchen negativ), *Nardus stricta* (Mulchen negativ) und *Scabiosa columbaria* (Beweidung und frühes Mulchen negativ). Dabei zeigt sich sehr deutlich, dass v. a. intensives und frühes Mulchen sowie – bei nicht weidefesten Arten – Beweidung negative Auswirkungen haben. Im Fall von *B. pinnatum* kann dies ausgenutzt werden, um diese Zeigerart für „flächenhafte Versaumung“ (POTT 1995) zurückzudrängen und entsprechend einer Verbrachung vorzubeugen.

In ähnlicher Weise konnten KAHMEN & POSCHLOD (1998) für *Arnica montana* beim Vergleich von Schlegelmahd, gewöhnlicher Mahd und Brache deutliche Unterschiede in Bestandsstruktur und dem Anteil blühender Triebe feststellen. Die Öffnung der Narbe durch die bis in den Boden reichenden Hämmer des Schlegelmähers brachte dabei die besten Resultate: zum einen war hier der Anteil sich generativ fortpflanzender Exemplare am höchsten, zum anderen waren die Sprosse hier stark gestreut, während bei Mahd und Brache beide Parameter schlechter ausfielen (höherer Anteil vegetativer

Vermehrung, Sprosse stärker geklumpt). Schlegelmäher zerkleinern im Unterschied zum Mulchgerät nicht nur die oberirdische Biomasse, sondern öffnen auch die Grasnarbe und zerkleinern oberflächennahe Rhizome, Ausläufer und dergleichen. STRAUBINGER (2013) konnte für *Sanguisorba officinalis* bei verschiedenen Mahdregimen nachweisen, dass mit zunehmender Schnitzzahl pro Jahr die Blütrate abnimmt und sich die bestehenden Rosetten-„Cluster“ zwar vegetativ über Jahre hinweg erhalten, bei jedoch ± fehlender Verjüngung.

Schlegelmahd bot im Fall von *A. montana* weiterhin auch für die Etablierung von Individuen aus Samen die besten Voraussetzungen, da hierfür offenerdiger Boden ohne oder mit sehr lockerer Streuauflage benötigt wird (KAHMEN & POSCHLOD 1998; vgl. dazu auch die Ausführungen zur Bodenbearbeitung mit Fräsen etc. bei POSCHLOD (2009)). Im vorliegenden Fall wurde die sehr intensive Maßnahme der Schlegelmahd nicht angewendet und kann daher nicht in den Vergleich mit einbezogen werden. Mulchen, das im Gegensatz zur Schlegelmahd ein Management ohne Bodenverletzung und ohne ein Zerschlagen von Ausläufern bzw. Wurzelstöcken darstellt, führte zu geklumpten Strukturen mit vermutlich vorrangig vegetativer Vermehrung.

Wie für *A. montana* geschildert weisen auch OOSTERMEIJER et al. (1994) am Beispiel des Lungenenzians (*Gentiana pneumonanthe*) auf die Wichtigkeit von Offenbodenstellen für die erfolgreiche Verjüngung aus Samen hin. Das Fehlen entsprechender Keimnischen führt folglich bei *G. pneumonanthe* zur Überalterung und letztendlich zum Verschwinden der Bestände.

Bezüglich der Altersstruktur der zwei Arten *Helianthemum nummularium* und *Lotus corniculatus* konnten POSCHLOD et al. (2011) am Versuchsstandort St. Johann im Gradienten abnehmender Managementintensität zum einen ein Abnehmen der Individuenzahl, zum anderen ein Ansteigen des durchschnittlichen Alters feststellen. Beide Parameter sind dabei eng mit dem Verjüngungserfolg verknüpft, der wiederum beim Vorhandensein von Offenbodenstellen am höchsten ist. Daneben führten bei dem klonal wachsenden *H. nummularium* häufiges (und v. a. frühes) Mulchen, häufige Mahd, Beweidung und Sukzes-

sion (dichtere Vegetationsverhältnisse) zu zunehmend klonalerem Wachstum.

Derart ausgeprägte Unterschiede waren in der vorliegenden Untersuchung für *Potentilla neumanniana* und *Salvia pratensis* nicht nachzuweisen, doch zeigt sich auch hier die Tendenz zur Überalterung bei frühem Managementzeitpunkt (1Mf, z. T. auch 2M) bzw. seltenem (M2) oder fehlendem Management (US). Beide Arten wachsen nicht klonal, *Potentilla* kann allerdings oberirdische Legtriebe bzw. Ausläufer bilden, die lange mit dem Mutterindividuum verbunden bleiben und dabei nur in sehr seltenen Fällen einwurzeln. Eine Analyse hinsichtlich des Anteils von generativer und klonaler Vermehrung ist hier somit nicht möglich.

3.4.2 Empfehlungen für die untersuchten Arten

Um auch langfristig den Reproduktions- und Etablierungserfolg zu sichern, dürfte bei allen Arten eine Anpassung der Pflege an die Phänologie unabdinglich sein. So zeigt sich bei der Altersanalyse für *Potentilla neumanniana* und *Salvia pratensis*, dass sich bei zu früh im Jahr durchgeführtem Management das durchschnittliche Bestandsalter erhöht, was sicherlich mit fehlender Verjüngung aus Samen aufgrund des Schnitts vor der Samenreife zusammenhängt. Managementeingriffe erst nach dem Absamen sind hier eindeutig vorzuziehen.

Die Ergebnisse der Untersuchung wurden zusammenfassend in Tabelle 2 als Bewertungsschema dargestellt.

Achillea millefolium*, *Arrhenatherum elatius*, *Leucanthemum ircutianum*, *L. vulgare*, *Luzula campestris*, *Potentilla neumanniana

Für den Erhalt von Beständen der genannten Arten scheint die Managementmethode wenig relevant, vegetative Vermehrung ist dabei jedoch vorherrschend. Zur Förderung der Verjüngung aus Samen dürfte eine \pm periodische Öffnung von Grasnarbe und eventuell Oberboden zweckdienlich sein, um verstärkt Keimnischen zu schaffen.

Arnica montana*, *Nardus stricta

Auch wenn diese Pflegevariante hier nicht untersucht wurde, dürfte Beweidung die beste Pflegemethode

sein, um bei Arnika und Borstgras den Blüherfolg und die Verjüngung zu fördern; Weidetiere lassen diese Arten stehen und schaffen Offenboden für die Samenkeimung. Eine effektive Alternative bei *A. montana* stellt außerdem die Schlegelmahd dar.

Brachypodium pinnatum

Mit Ausnahme der Beweidung, welche die Fiederzwenke zurückdrängt, reagiert die Art wenig sensitiv auf die Art des Managements; ohne Störungen (Schaffung von Offenbodenstellen) neigt sie jedoch zu \pm rein klonalem Wachstum, sodass zur Förderung der Verjüngung ein Störungsregime notwendig erscheint.

Genista sagittalis

Wie bei der Arnika dürfte Beweidung auch hier die beste Pflegemethode sein, um Blüherfolg und Verjüngung zu fördern. Von Weidetieren wird die Art gemieden, und diese schaffen zugleich Offenbodenstellen, was die Samenkeimung fördert. Eine weitere Methode zur Förderung der Verjüngung aus Samen könnte das Kontrollierte Brennen sein. Für mehrere Fabaceen ist bekannt, dass Feuer mittels Rauch und/oder Hitze die Keimung stimuliert (vgl. z. B. MALLIK & GIMINGHAM 1985; RIVAS et al. 2006; REYES & TRABAUD 2009; siehe auch POSCHLOD et al. 2011). Hierauf könnte auch bei der Pflege der *Genista*-Bestände zurückgegriffen werden.

Rumex acetosa*, *Salvia pratensis

Für den Erhalt von Sauerampfer- und Salbei-Beständen scheint die Art des Managements wenig relevant. Beide Arten sind nicht zur vegetativen Vermehrung befähigt und wachsen daher stets in Form kompakter Einzelpflanzen. Zur Förderung der Verjüngung aus Samen dürfte eine \pm periodische Öffnung von Grasnarbe und eventuell Oberboden zweckdienlich sein.

Scabiosa columbaria

Bestehende Bestände der Tauben-Skabiose sollten aufgrund der Weideempfindlichkeit sowie der späten Blütezeit mittels spätem oder seltenem Mulchen oder Mähen gepflegt werden. Auch ohne gezielte Schaffung von Offenbodenstellen scheint die Verjüngung aus Samen recht gut zu funktionieren, eine gelegentliche Störung könnte aber durchaus dienlich sein.

Tabelle 2: Zusammenfassende Bewertung der untersuchten Managementvarianten. Nach Arten getrennt wird angegeben, wie sich das jeweilige Management auf die Parameter Sprossverteilung (SV; als Anzahl Sprosse pro Teilquadrat), Reproduktivität (RP; als Anzahl fertiler Sprosse pro Plot) und generative Verjüngung (GV; als Anzahl von Jungpflanzen und Keimlingen pro Plot) auswirkt.
 Erklärung: + = durch das Management gefördert; (+) = tendenziell gefördert; 0 = kein ausgeprägter Einfluss erkennbar; - = negativ beeinflusst. Erläuterungen zu den Managementvarianten siehe Tabelle 1.

Art	Faktor	Managementvarianten							
		BW	2M	1Mf	1Ms	M2	2MA	1MA	US
<i>Achillea millefolium</i>	SV	-	0	0	0	0	+		
	RP	-	+	-	+	+	+		
	GV	(+)	-	-	-	-	-		
<i>Arnica montana</i>	SV		+		+	+			
	RP		-		(+)	-			
	GV								
<i>Arrhenatherum elatius</i>	SV	-	0	+	+	0	-		+
	RP	-	-	+	+	(+)	-		(+)
	GV								
<i>Brachypodium pinnatum</i>	SV	-	-	-	(+)	+		+	+
	RP	-	-	-	(+)	+		+	(+)
	GV								
<i>Genista sagittalis</i>	SV	0	-		+	0			+
	RP	+	-		+	-			+
	GV								
<i>Leucanthemum irc. & vulg.</i>	SV		(+)	-					
	RP		(+)	-					
	GV								
<i>Luzula campestris</i>	SV	0	0	0	0	0		0	0
	RP	-	+	-	+	0		-	-
	GV								
<i>Nardus stricta</i>	SV	+	+		-	-			-
	RP	+	-		-	-			-
	GV								
<i>Potentilla neumanniana</i> Frühjahrsblüher!	SV	+	-	0	-	+		0	-
	RP	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)		(-)	(-)
	GV	(+)	-	-	-	-		-	-
<i>Rumex acetosa</i>	SV	0	+	+	-	+	-		-
	RP	-	-	-	0	+	-		-
	GV	+	+	-	+	+	-		-
<i>Salvia pratensis</i>	SV		(+)	0	(+)	+			-
	RP		-	(+)	+	(+)			-
	GV		(+)	(+)	+	(+)			+
<i>Scabiosa columbaria</i>	SV	-	0	-		+		+	-
	RP	-	(+)	-		(+)		+	-
	GV	-	+	-		-		(+)	-

3.5 Folgerungen für die Praxis

Basierend auf den Ergebnissen der vorliegenden Studie werden im Folgenden die untersuchten Managementmethoden und allgemein deren Einsatz in der Grünlandpflege erläutert.

Zum einen hat sich bei einem Teil der untersuchten LRT-Kennarten gezeigt, dass die erfassten populationsbiologischen Parameter bei unterschiedlichem Management nicht oder nur schwach variieren. Solange ein für die Grünlandpflege geeignetes (Ersatz-)Management stattfindet (Beweidung, Mulchen, Mahd), ist bei diesen Arten nicht mit negativen Veränderungen zu rechnen.

Zum anderen ist offensichtlich eine fortdauernde Erhaltung sich ausreichend verjüngender Populationen bei typischen Arten extensiver Weide-Biotope ohne Beweidung bzw. beweidungsähnliches Management nur äußerst eingeschränkt möglich. Beispiele aus der vorliegenden Untersuchung sind *Arnica montana*, *Genista sagittalis* und *Nardus stricta*. Die eingesetzten Mulch-Regime hatten bei allen drei Arten negative Auswirkungen, insbesondere frühes Mulchen und mehrmaliges Mulchen pro Jahr. Hierfür ist somit eine auf die Bedürfnisse dieser Arten angepasste Pflege notwendig, bevorzugt als Beweidung, da bei dieser die genannten Arten als Weideunkräuter stehen bleiben und durch Tritt u. ä. Vegetationslücken entstehen, die für eine erfolgreiche Verjüngung aus Samen elementar sind.

Weiterhin kann die Beweidung Brachezeiger wie z. B. die Fieder-Zwenke zurückdrängen, die bei Flächenpflege mittels Mulchen und Mahd zur (klonalen) Ausbreitung neigen.

Wie anhand der Literatur gezeigt, kann die Öffnung der Grasnarbe auch unabhängig von – oder zusätzlich zu – einer Beweidung durch spezielle Bearbeitungsmethoden erreicht werden. Es bieten sich hierzu u. a. Fräsen und Schlegelmahd an (KAHMEN & POSCHLOD 1998; POSCHLOD 2009); zum Unterschied zwischen Mulchen und Schlegelmahd siehe oben. Die früher als einmalige Mahd mit Vor- und Nachbeweidung stattfindende Bewirtschaftung des Grünlands war die Grundlage der Erhaltung des Artenreichtums dieser Flächen (KAPFER 2010), es fand folglich eine dreimalige Nutzung pro Jahr statt. Für artenreiche Bestände ist somit ein durchaus intensives Management (inklusive Beweidung) anzustreben. In der vorliegenden Studie konnte entsprechend gezeigt werden, dass in den Sukzessionsparzellen die Anzahl von Jungpflanzen niedriger war als in den Parzellen mit intensiverem Mulchmanagement oder Beweidung.

Eine phänologische Anpassung der Pflegemaßnahmen sowie in bestimmten Abständen eine stärkere Öffnung der Grasnarbe (bei Bedarf inklusive Oberboden) dürfen für eine erfolgreiche Verjüngung aus Samen in allen Fällen unabdinglich sein.



Abbildung 12: Als Referenz, wie sich die Vegetation ohne menschlichen Eingriff entwickelt, umfasst jeder Versuchsstandort auch eine oder mehrere Parzellen, die der Ungestörten Sukzession unterliegen. Die Vegetationsentwicklung verläuft sehr unterschiedlich. Während sich z. B. auf der Versuchsfläche Hepsisau bereits ein dichter und hoher Laubmischwald entwickelt hat, konnten sich hier auf der Fläche Melchingen erst einzelne Büsche wie Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Eberesche (*Sorbus aucuparia*) und Himbeere (*Rubus idaeus*) ansiedeln.

Foto: Patricia Krickl

4 Dank

Die Autoren möchten sich herzlich bedanken beim Land Baden-Württemberg, das die Offenhaltungsversuche finanziert und fördert, bei der LEL Schwäbisch

Gmünd für die gute Zusammenarbeit, und bei Sabine Fischer für die Erstellung des Kartenmaterials.

5 Literatur und Quellen

- BÜHLER, C. & B. SCHMID (2001): The influence of management regime and altitude on the population structure of *Succisa pratensis*: implications for vegetation monitoring. – J. Appl. Ecol. 38: 689–698.
- BUTTLER, K. P. & R. HAND (2008): Liste der Gefäßpflanzen Deutschlands. – Kochia, Beih. 1: 1–107.
- DIERSCHKE, H. & G. BRIEMLE (2008): Kulturgrasland. – Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG, H. (2001): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen (ohne Rubus). –In: ELLENBERG, H., H. E. WEBER, R. DÜLL, V. WIRTH & W. WERNER: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa: 9–166. – Erich Goltze, Göttingen.
- FARTMANN, T., H. GUNNEMANN, P. SALM & E. SCHRÖDER (2001): Berichtspflichten in Natura-2000-Gebieten. Empfehlungen zur Erfassung der Arten des Anhangs II und Charakterisierung der Lebensraumtypen des Anhangs I der FFH-Richtlinie. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- HEGLAND, S. J., M. VAN LEEUWEN & J. G. B. OOSTERMEIJER (2001): Population structure of *Salvia pratensis* in relation to vegetation and management of Dutch dry floodplain grasslands. – J. Appl. Ecol. 38: 1277–1289.
- JÄGER, E. J. (2011): Exkursionsflora von Deutschland („Rothmaler“), Gefäßpflanzen: Grundband. – Spektrum, Heidelberg.
- JENSCH, D., P. POSCHLOD & C. SCHOSSAU (2001): Überlegungen zur Zustandsbewertung und zu einem Monitoring von Pflanzenpopulationen im Rahmen der FFH-Richtlinie. –In: FARTMANN, T., H. GUNNEMANN, P. SALM & E. SCHRÖDER: Berichtspflichten in Natura-2000-Gebieten. Empfehlungen zur Erfassung der Arten des Anhangs II und Charakterisierung der Lebensraumtypen des Anhangs I der FFH-Richtlinie: 46–64. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- KAHMEN, S. & P. POSCHLOD (1998): Untersuchungen zu Schutzmöglichkeiten von Arnika (*Arnica montana* L.) durch Pflegemaßnahmen. – Jahrb. Natursch. Hessen 3: 225–232.
- KALMUND, P. (1985): Phänologische Entwicklung von Pflanzenbeständen auf Brachflächen. – Diplomarbeit, Universität Münster.
- KAPFER, A. (2010): Beitrag zur Geschichte des Grünlands Mitteleuropas. – Natur u. Landschaft. 42(5): 133–140.
- MALLIK, A. U. & C. H. GIMINGHAM (1985): Ecological effects of heather burning. II. Effects on seed germination and vegetative regeneration. – J. Ecol. 73: 633–644.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. – 8. Aufl., Ulmer, Stuttgart.
- OOSTERMEIJER, J. G. B., R. VAN'T VEER & J. C. M. DEN NIJS (1994): Population structure of the rare, long-lived perennial *Gentiana pneumonanthe* in relation to vegetation and management in the Netherlands. – J. Appl. Ecol. 31(3): 428–438.
- PERRY, J. N., E. D. BELL, R. H. SMITH & I. P. WOIWOD (1996): SADIE: software to measure and model spatial pattern. – Aspects Appl. Biol. 46: 95–102.
- PERRY, J. N., L. WINDER, J. M. HOLLAND & R. D. ALSTON (1999): Red-blue plots for detecting clusters in count data. – Ecol. Letters 2: 106–113.
- POSCHLOD, P. (2009): Fräsen und Panzerketten für Landschaftspflegemaßnahmen? – In: SCHREIBER, K.-F., H.-J. BRAUCKMANN, G. BROLL, S. KREBS & P. POSCHLOD: Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft. 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. – Hrsg: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Naturschutz: 65 – Spectrum Themen 97, regionalkultur, Heidelberg, Ubstadt-Weiher, Basel.
- POSCHLOD, P., J. HOFFMANN & M. BERNHARDT-RÖMERMANN (2011): Effect of grassland management on the age and reproduction structure of *Helianthemum nummularium* and *Lotus corniculatus* populations. – Preslia 83: 421–435.

- POSCHLOD, P., K.-F. SCHREIBER, K. MITLACHER, C. RÖMERMANN & M. BERNHARDT-RÖMERMANN (2009): Entwicklung der Vegetation und ihre naturschutzfachliche Bewertung. – In: SCHREIBER, K.-F., H.-J. BRAUCKMANN, G. BROLL, S. KREBS & P. POSCHLOD: Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft. 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. – Hrsg: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Naturschutz: 243–288. – Spectrum Themen 97, verlag regionalkultur, Heidelberg, Ubstadt-Weiher, Basel.
- POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. – 2. Aufl., Ulmer, Stuttgart.
- REYES, O. & L. TRABAUD (2009): Germination behaviour of 14 Mediterranean species in relation to fire factors: smoke and heat. – *Plant Ecol.* 202: 113–121.
- RIVAS, M., O. REYES & M. CASAL (2006): Influence of heat and smoke treatments on the germination of six leguminous shrubby species. – *Internat. J. Wildland Fire* 15(1): 73–80.
- RÜCKRIEM, C. & S. ROSCHER (1999): Empfehlungen zur Umsetzung der Berichtspflicht gemäß Artikel 17 der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie. – Landwirtschaftsverlag, Münster.
- SCHREIBER, K.-F. (2009): Die Versuchsflächen – von Oberstetten bis Mambach. – In: SCHREIBER, K.-F., H.-J. BRAUCKMANN, G. BROLL, S. KREBS & P. POSCHLOD: Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft. 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. – Hrsg: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Naturschutz: 63–222. – Spectrum Themen 97, regionalkultur, Heidelberg, Ubstadt-Weiher, Basel.
- SCHREIBER, K.-F., H.-J. BRAUCKMANN, G. BROLL, S. KREBS & P. POSCHLOD (2009): Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft. 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. – Hrsg: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Naturschutz. – Spectrum Themen 97, regionalkultur, Heidelberg, Ubstadt-Weiher, Basel.
- SEBALD, O., G. PHILIPPI & S. SEYBOLD (1992ff.): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs (8 Bände). – Ulmer, Stuttgart.
- STRAUBINGER, C. (2013): Changes in grassland vegetation of the Itz floodplain from 1960 to today – an assessment of the landscape, habitat and population level. – Masterarbeit, Universität Regensburg.
- WANNER, G. (2004): Mikroskopisch-Botanisches Praktikum. – Thieme, Stuttgart.
- WILCOX, R. (2005): Introduction to robust estimation and hypothesis testing. – 2. Aufl., Elsevier, Burlington, San Diego, London.

6 Anhang

Allgemeine Erklärungen:

VF = Versuchsfläche

Ber = Bernau; Ett = Ettenheimmünster;

Hep = Hepsisau; Mel = Melchingen;

Obe = Oberstetten; Ran = Rangendingen;

SJ = St. Johann

Pz = Parzellentyp

BW = Beweidung; 2M = Mulchen zweimal jährlich;

1Mf = Mulchen einmal jährlich früh;

1Ms = Mulchen einmal jährlich spät;

M2 = Mulchen jedes zweite Jahr;

2MA = Mähen mit Abräumen zweimal jährlich;

1MA = Mähen mit Abräumen einmal jährlich;

US = Ungestörte Sukzession; ext = externe Erfassung

PI = Anzahl Plots; Sp/PI = Anzahl Sprosse pro Plot;

ft/PI = Anzahl fertile Sprosse pro Plot;

TQ/PI = Anzahl Teilquadrate pro Plot;

Sp/TQ = Anzahl Sprosse pro Teilquadrat

Tabelle 3: Zusammenstellung der Spross-Kartierung für *Achillea millefolium* und *Arrhenatherum elatius*.

VF	Pz	<i>Achillea millefolium</i>					<i>Arrhenatherum elatius</i>				
		PI	Sp/PI	ft/PI	TQ/PI	Sp/TQ	PI	Sp/PI	ft/PI	TQ/PI	Sp/TQ
Mel	2M						1	64	0	15	4,27
	1Ms						1	59	20	11	5,36
	M2						1	108	55	18	6
	US						1	136	37	18	7,56
	ext						1	96	20	20	4,8
Hep	BW	3	20,33	0	8,67	2,35	4	12,75	0,5	4,5	2,83
	2M	1	56	26	20	2,8	3	20	0	7,67	2,61
	1Ms	2	35	0,5	12	2,92	1	75	0	18	4,17
	M2	2	37	0	13	2,85	1	61	0	17	3,59
	2MA	1	73	48	21	3,48	3	55	0	8	2,29
	ext	1	51	30	12	4,25	1	56	0	18	3,11
Ett	2M	8	6,5	0,38	2,25	2,89	1	51	0	17	3
	1Mf	1	50	0	17	2,94	1	50	13	13	3,85
	1Ms	7	3,71	0	2,14	1,73	1	54	2	4,75	2,84
	ext	1	51	7	17	3	1	69	19	20	3,45
Obe	2M	1	103	18	24	4,29	1	183	6	25	7,32
	1Mf	1	98	10	21	4,67	1	106	64	13	8,15
	1Ms	1	52	14	20	2,6	1	182	98	19	9,58
	M2	1	54	19	17	3,18	1	66	20	12	5,5
	ext	1	97	29	22	4,41	1	136	23	25	5,44

Tabelle 4: Zusammenstellung der Spross-Kartierung für *Arnica montana*, *Genista sagittalis* und *Nardus stricta*.

VF	Pz	<i>Arnica montana</i>					<i>Genista sagittalis</i>				
		PI	Sp/PI	ft/PI	TQ/PI	Sp/TQ	PI	Sp/PI	ft/PI	TQ/PI	Sp/TQ
Ber	BW	–	–	–	–	–	1	158	42	22	7,18
	2M	2	47,5	0	7,5	6,33	2	26,5	12	5,5	4,81
	1Ms	2	62	5	11	5,64	1	176	93	20	8,8
	M2	1	131	0	19	6,89	1	172	0	23	7,48
	US	–	–	–	–	–	1	159	52	18	8,83
	ext	3	18	0,75	9,67	1,86	1	115	40	21	5,48

VF	Pz	<i>Nardus stricta</i>				
		PI	Sp/PI	ft/PI	TQ/PI	Sp/TQ
Ber	BW	2	26,5	13,5	13,5	1,96
	2M	5	10	0	5	2
	1Ms	6	2,33	0,5	2,17	1,08
	M2	15	3,4	0,8	3,07	1,11
	US	5	1,2	0,6	1,2	1
	ext	3	17,67	3,33	12,33	1,43

Tabelle 5: Zusammenstellung der Spross-Kartierung für *Potentilla neumanniana* und *Scabiosa columbaria*.

VF	Pz	<i>Potentilla neumanniana</i>					<i>Scabiosa columbaria</i>				
		PI	Sp/PI	ft/PI	TQ/PI	Sp/TQ	PI	Sp/PI	ft/PI	TQ/PI	Sp/TQ
SJ	BW	8	6	1,13	3,38	1,78	2	1	0	1	1
	2M	22	2,32	0,14	2,09	1,11	12	4,67	2,25	3,08	1,51
	1Mf	13	2,15	0	1,77	1,22	4	1	0,5	1	1
	1Ms	13	1,92	0	1,92	1	–	–	–	–	–
	M2	6	8,67	0	5,5	1,58	5	12,4	2,4	4,2	2,95
	1MA	11	4,64	0	3,45	1,34	1	51	7	19	2,68
	ext	17	1,82	0	1,76	1,03	19	2,68	1,42	2,58	1,04
Ran	2M	–	–	–	–	–	3	21	3	8,33	2,52
	1Mf	1	5	0	5	1	–	–	–	–	–
	1Ms	9	1,56	0,33	1,44	1,08	–	–	–	–	–
	US	–	–	–	–	–	3	1,33	0,33	1,33	1
	ext	4	1,5	0	1,5	1	4	13	3,5	5,75	2,26
	1Mf	1	50	0	17	2,94	1	50	13	13	3,85
	1Ms	7	3,71	0	2,14	1,73	1	54	2	4,75	2,84
	ext	1	51	7	17	3	1	69	19	20	3,45
Obe	2M	1	103	18	24	4,29	1	183	6	25	7,32
	1Mf	1	98	10	21	4,67	1	106	64	13	8,15
	1Ms	1	52	14	20	2,6	1	182	98	19	9,58
	M2	1	54	19	17	3,18	1	66	20	12	5,5
	ext	1	97	29	22	4,41	1	136	23	25	5,44

Tabelle 6: Zusammenstellung der Spross-Kartierung für *Brachypodium pinnatum*, *Salvia pratensis*, *Leucanthemum ircutianum* und *L. vulgare*.

VF	Pz	<i>Brachypodium pinnatum</i>					<i>Salvia pratensis</i>				
		PI	Sp/PI	ft/PI	TQ/PI	Sp/TQ	PI	Sp/PI	ft/PI	TQ/PI	Sp/TQ
SJ	BW	4	2	0,25	2	1					
	2M	1	51	0	17	3					
	1Mf	2	48,5	0	16,5	2,94					
	1Ms	1	154	23	25	6,16					
	M2	1	164	20	25	6,56					
	1MA	1	160	41	25	6,4					
	US	1	267	18	25	10,68					
	ext	1	147	47	25	5,88					
Ran	2M	–	–	–	–	–	2	29,5	0,5	13,5	2,19
	1Mf	1	51	0	15	3,4	2	25	2,5	13,5	1,85
	1Ms	1	54	0	15	3,6	5	10,4	2,8	6,4	1,63
	M2	1	117	20	24	4,88	4	13	2,5	5,25	2,48
	US	1	144	6	24	6	16	3,19	1	2,25	1,42
	ext	3	5,33	0,67	2,33	2,29	3	17,67	4,33	7,33	2,41
Obe	2M						6	8,33	0	4,67	1,79
	1Mf						18	2,89	0,78	1,61	1,79
	1Ms						6	8,5	1,33	3	2,83
	M2						13	4,08	0,77	1,85	2,21
	ext						7	7,29	2,29	3,14	2,32

VF	Pz	<i>Leucanthemum irc. & vulg.</i>				
		PI	Sp/PI	ft/PI	TQ/PI	Sp/TQ
Ett	2M	4	13,25	2	3,75	3,53
	1Mf	4	2,25	0	1,25	1,8
	ext	7	7,57	1,29	2,86	2,65
Obe	2M	3	1,33	0	1,33	1
	1Mf	–	–	–	–	–
	1Ms	–	–	–	–	–
	M2	–	–	–	–	–
	ext	3	5,33	0	2	2,67

Tabelle 7: Zusammenstellung der Spross-Kartierung für *Rumex acetosa* und *Luzula campestris*.

VF	Pz	<i>Rumex acetosa</i>					<i>Luzula campestris</i>				
		PI	Sp/PI	ft/PI	TQ/PI	Sp/TQ	PI	Sp/PI	ft/PI	TQ/PI	Sp/TQ
Ber	BW	9	5,78	0,44	3,22	1,79	6	1,5	1,5	1,5	1
	2M	1	50	0	21	2,38	3	3,33	3,33	3,33	1
	1Ms	27	1,85	0,3	1,3	1,43	4	2,25	2,22	2	1,13
	M2	3	17,67	2,67	8,33	2,12	5	1,6	1,6	1,4	1,14
	US	18	2,78	0,61	2,22	1,25	4	1,25	1,25	1,25	1
	ext	3	17,33	1,4	8,67	2	5	1,8	1,8	1,8	1
SJ	BW	4	13	0	8,5	1,53	4	2	0	2	1
	2M	–	–	–	–	–	6	1,67	0	1,67	1
	1Mf	–	–	–	–	–	3	1,33	0	1,33	1
	1Ms	–	–	–	–	–	6	1,67	0	1,33	1,25
	M2	12	4,33	0,83	3,17	1,37	4	1,5	0	1	1,5
	1MA	–	–	–	–	–	6	2	0	1,67	1,2
	ext	5	10,4	1,4	5,6	1,86	6	1,67	0	1,33	1,25
Ran	2M	–	–	–	–	–	4	1,25	0	1,25	1
	1Mf	3	1,33	0	1,33	1	5	1,2	0	1,2	1
	1Ms	–	–	–	–	–	5	1,4	0	1,4	1
	ext	2	1,5	0	1,5	1	4	3	0	2,75	1,09
Hep	BW	3	2,67	0	2,67	1					
	2M	4	12,75	0	8,25	1,55					
	1Ms	9	2,22	0,21	2,11	1,05					
	M2	8	3,38	0,13	2,38	1,42					
	2MA	9	1,22	0	1,22	1					
	ext	11	1,09	0	1,09	1					
Mel	2M	1	53	2	17	3,12					
	1Ms	8	5,25	0,5	2,11	1,05					
	M2	4	12,5	1,5	9,25	1,35					
	ext	1	55	6	19	2,89					
Ett	2M	3	17,33	0	12,33	1,41					
	1Mf	8	6,38	0,25	3,25	1,96					
	1Ms	2	26	4,5	14	1,86					
	ext	2	26	6	13	2					
Obe	2M	4	1,25	0	1,25	1					
	ext	6	1,83	0,33	1,83	1					

Tabelle 8: Ergebnisse der Gruppenvergleiche für die Anzahl der Sprosse pro Teilquadrat beim Vergleich der Parzellen an den einzelnen Versuchsstandorten.

Erklärung: Typ = Standard-ANOVA (sta) oder robuste ANOVA (rob);

SN = Signifikanzniveau (< 0,05*, < 0,01**, < 0,001***).

Wo bei der ANOVA signifikante Unterschiede gefunden wurden erfolgten paarweise Tests als Post-Hoc-Verfahren (Tukey-Test/Lincon-Test; Ergebnisse siehe Tabelle 9)

Art	VF	ANOVA					
		Typ	df	F	P	SN	Post-Hoc
<i>A. elatius</i>	Ett	sta	3	0,078	0,78		
	Hep	sta	5	0,021	0,885		
	Mel	sta	4	0,917	0,341		
	Obe	sta	4	5,301	0,024	*	Tukey
<i>A. montana</i>	Ber	rob	3	26,24	0,000	***	Lincon
<i>A. millefolium</i>	Ett	sta	3	0,295	0,589		
	Hep	sta	5	10,53	0,002	**	Tukey
	Obe	sta	4	0,347	0,557		
<i>B. pinnatum</i>	Ran	sta	4	1,87	0,175		
	SJ	sta	7	58,33	0,000	***	Tukey
<i>C. sagittale</i>	Ber	rob	5	27,91	0,22		
<i>L. campestris</i>	Ber	sta	5	0,018	0,894		
	Ran	sta	3	1,107	0,302		
	SJ	sta	6	5,485	0,023	*	Tukey
<i>N. stricta</i>	Ber	sta	5	13,68	0,000	***	Tukey
<i>P. tabernaemontani</i>	Ran	sta	2	2,909	0,104		
	SJ	sta	6	2,181	0,141		
<i>R. acetosa</i>	Ber	rob	5	43,07	0,000	***	Lincon
	Ett	sta	3	7,461	0,007	**	Tukey
	Hep	sta	5	1,45	0,23		
	Mel	rob	3	25,83	0,000	***	Lincon
	Obe	sta	1	1,228	0,291		
	SJ	sta	2	1,286	0,26		
<i>S. pratensis</i>	Obe	sta	4	5,077	0,026	*	Tukey
	Ran	rob	5	41,39	0,001	**	Lincon
<i>S. columbaria</i>	Ran	sta	2	0,54	0,466		
	SJ	sta	4	1,16	0,283		

Tabelle 9: Zusammenstellung der Ergebnisse aus den Post-Hoc-Tests (durchgeführt für die Gruppenvergleiche mit signifikanten ANOVA-Ergebnissen, siehe Tabelle 8).

Erklärung: N = Anzahl Teilquadrate; MW = Mittelwerte ± Standardfehler. Die unterschiedlichen Buchstaben (a, b, c) kennzeichnen (spaltenweise) signifikante Unterschiede. Die Mittelwerte der weiteren Arten und Parzellen werden in Tabelle 3–7 aufgeführt.

Pz	Art VF	A. el.	A. mo.	A. mi.	B. pi.	L. ca.	N. st.	R. ac.	S. pr.			
		Obe	Ber	Hep	SJ	SJ	Ber	Ber	Ett	Mel	Obe	Ran
BW	N			26	8	8	27	29				
	MW			2,35± 0,18 ^a	1± 0 ^a	1± 0 ^a	1,96± 0,16 ^a	1,79± 0,14 ^{ac}				
2M	N	25	15	21	17	10	25	21	37	17	28	27
	MW	7,32± 0,56 ^{ab}	6,33± 1,36 ^a	2,67± 0,29 ^{ab}	3± 0,55 ^{ab}	1± 0 ^a	2± 0,28 ^a	2,38± 0,27 ^{bc}	1,43± 0,1 ^a	3,12± 0,48 ^a	1,79± 0,2 ^a	2,19± 0,24 ^{abc}
1Mf	N	13			33	4			26		29	27
	MW	8,15± 1,25 ^b			2,94± 0,37 ^a	1± 0 ^a			1,96± 0,19 ^b		1,79± 0,19 ^a	1,85± 0,21 ^{ac}
1Ms	N	19	22	24	25	9	13	34	25	32	18	30
	MW	9,58± 1,03 ^b	5,64± 0,73 ^{ab}	2,92± 0,35 ^{ab}	6,16± 0,61 ^c	1,1± 0,11	1,08± 0,08 ^b	1,44± 0,11 ^{abc}	1,88± 0,16 ^{ab}	1,41± 0,1 ^{ac}	2,83± 0,29 ^{bc}	1,77± 0,15 ^a
M2	N	12	19	26	25	5 ^a	44	25		37	24	21
	MW	5,5 ± 1,03 ^{ab}	6,89± 0,63 ^a	2,85± 0,33 ^{ab}	6,56± 0,75 ^c	1,2± 0,2 ^a	1,16± 0,06 ^b	2,12± 0,17 ^b		1,35± 0,09 ^c	2,21± 0,21 ^{ac}	2,48± 0,29 ^b
2MA	N			21								
	MW			3,43± 0,37 ^{ab}								
1MA	N				25	10						
	MW				6,4± 0,66 ^c	1,2± 0,13 ^a						
US	N				25		6	38				36
	MW				10,68± 0,73 ^d		1± 0 ^b	1,26± 0,09 ^{ac}				1,42± 0,09 ^a
ext	N	25	29	13	25	8	37	26	19	19	22	22
	MW	5,44± 0,49 ^a	1,86± 0,15 ^b	3,92± 0,6 ^b	5,88± 0,68 ^{bc}	1,25± 0,16 ^a	1,43± 0,1 ^b	2± 0,15 ^b	2± 0,17 ^b	2,95± 0,26 ^{ab}	2,32± 0,22 ^{ac}	2,32± 0,27 ^{bc}

Tabelle 10: Zusammenstellung der Keimlings- (k) und Jungpflanzenzahlen (j) pro Parzelle für *Achillea millefolium*, *Potentilla neumanniana*, *Rumex acetosa*, *Scabiosa columbaria* und *Salvia pratensis*. Die weiteren untersuchten Arten werden hier nicht gelistet, da bei ihnen keine Keimlinge oder Jungpflanzen gefunden werden konnten.

VF	Pz	<i>A. mill.</i>		<i>P. neu.</i>		<i>R. acet.</i>		<i>S. col.</i>		<i>S. prat.</i>	
		j	k	j	k	j	k	j	k	j	k
Ber	BW					3	0				
	2M					3	0				
	1Ms					5	0				
	M2					6	0				
	US					2	0				
	ext					2	0				
SJ	BW			1	0	12	0	0	0		
	2M			0	0	--	--	9	0		
	1Mf			0	0	--	--	0	0		
	1Ms			0	0	--	--	--	--		
	M2			0	0	4	0	0	0		
	1MA			0	0	--	--	2	0		
	US			--	--	--	--	--	--		
	ext			0	0	9	0	7	0		
Ran	2M			--	--	--	--	1	0	3	0
	1Mf			0	0	0	0	--	--	4	0
	1Ms			0	0	--	--	--	--	2	0
	M2			--	--	--	--	--	--	2	0
	US			--	--	--	--	0	0	6	0
	ext			0	0	0	0	4	0	7	0
Hep	BW	2	0			0	0				
	2M	0	0			14	2				
	1Ms	0	0			1	0				
	M2	0	0			1	0				
	2MA	0	0			0	0				
	ext	0	0			0	0				
Mel	2M					13	0				
	1Ms					10	1				
	M2					12	3				
	US					--	--				
	ext					7	0				
Ett	2M	0	0			5	0				
	1Mf	0	0			3	0				
	1Ms	0	0			5	0				
	ext	0	0			6	0				

[Fortsetzung nächste Seite]

[Fortsetzung Tabelle 10]

VF	Pz	<i>A. mill.</i>		<i>P. neu.</i>		<i>R. acet.</i>		<i>S. col.</i>		<i>S. prat.</i>	
		j	k	j	k	j	k	j	k	j	k
Obe	2M	0	0			0	0			3	0
	1Mf	0	0			--	--			2	0
	1Ms	0	0			--	--			9	0
	M2	0	0			--	--			3	0
	ext	0	0			1	0			5	0

Tabelle 11: SADIE-Analyse für *Arrhenatherum elatius*, Zusammenstellung der Werte für die beiden Verteilungsindizes I_a und D für die untersuchten Parzellen.

VF	Pz	<i>A. elatius</i>	
		I_a	D
Mel	2M	1,1	114,59
	1Ms	1,05	111,57
	M2	0,86	189,08
	US	1,05	227,85
	ext	0,88	193,0
Hep	1Ms	1,47	149,07
	M2	0,83	103,07
	ext	0,82	118,8
Ett	2M	1,09	86,56
	1Mf	1,08	93,79
	ext	1,11	128,08
Obe	2M	0,83	343,12
	1Mf	1,27	211,49
	1Ms	1,04	309,75
	M2	0,98	113,81
	ext	1,35	254,82

Tabelle 12: SADIE-Analyse für *Genista sagittalis* und *Arnica montana*, Zusammenstellung der Werte für die beiden Verteilungsindizes I_a und D für die untersuchten Parzellen.

VF	Pz	<i>G. sagittalis</i>		<i>A. montana</i>	
		I_a	D	I_a	D
Ber	BW	1,27	281,47	–	–
	2M	–	–	0,94	45,58
	1Ms	1,1	304,4	1,14	83,35
	M2	1,63	308,53	1,09	214,3
	US	1,09	266,41	–	–
	ext	1,16	230,02	–	–

Tabelle 13: Ergebnisse der Gruppenvergleiche für die Daten zur Alterstruktur beim Vergleich der Vorkommen von *Potentilla neumanniana* in Rangendingen und St. Johann bzw. von *Salvia pratensis* in Oberstetten und Rangendingen.

Erklärung: N Pz = Anzahl besetzter Parzellen; Typ = Standard-ANOVA (sta) oder robuste ANOVA (rob); SN = Signifikanzniveau ($< 0,05^*$, $< 0,01^{**}$, $< 0,001^{***}$). Wo bei der ANOVA signifikante Unterschiede gefunden wurden erfolgten paarweise Tests als Post-Hoc-Verfahren (Tukey-Test/Lincon-Test; Ergebnisse siehe Tabelle 14). Für *S. pratensis* keine Auswertung zu Altersklasse i, da keine Nachweise.

	N Pz	ANOVA					
		Typ	df	F	P	SN	Post-Hoc
<i>Potentilla neumanniana</i>							
Alter (Jahrring-Zählung)	7	sta	6	0,648	0,424		
Altersklassen							
i (1 Jahr)	7	sta	6	0,003	0,955		
ii (2 Jahre)	7	sta	6	0,008	0,929		
iii (3–10 Jahre)	7	sta	6	28,9	0,000	***	Tukey
iv (> 10 Jahre)	7	sta	6	0,683	0,412		
Anzahl Plots	7	sta	6	1,821	0,183		
<i>Salvia pratensis</i>							
Alter (Jahrring-Zählung)	9	sta	8	1,195	0,277		
Altersklassen							
i (1 Jahr)	9	–	–	–	–		
ii (2 Jahre)	9	sta	8	0,013	0,908		
iii (3–10 Jahre)	9	sta	8	0,237	0,627		
iv (> 10 Jahre)	9	sta	8	0,583	0,447		
Anzahl Plots	9	rob	8	20,607	0,000	***	Lincon

Tabelle 14: Zusammenstellung der Ergebnisse aus den Post-Hoc-Tests (durchgeführt für die Gruppenvergleiche mit signifikanten ANOVA-Ergebnissen, siehe Tabelle 13) sowie Mittelwerte für die erhobenen Datensätze.

Erklärung: JR = Alter aus Jahrring-Zählung; Ak i–iv = Altersklassen i bis iv; N = Anzahl Teilquadrate; MW = Mittelwerte ± Standardfehler. Die unterschiedlichen Buchstaben (a, b, c, d, e) kennzeichnen (spaltenweise) signifikante Unterschiede.

P. neu.		Parzelle						
		R_1Ms	SJ_BW	SJ_2M	SJ_1Mf	SJ_1Ms	SJ_M2	SJ_1MA
JR	MW	2,66	2,54	3,24	3,86	3,5	3,15	2,69
Ak i	MW	0	0,71	0	0	0,25	0,5	0,25
Ak ii	MW	2,67	3,57	1,14	0,27	1	1,83	1,75
Ak iii	N	3	7	14	11	4	6	12
	MW	3,67± 0,33 ^b	2,71± 0,18 ^{ab}	2,64± 0,13 ^a	2,45± 0,16 ^a	2± 0 ^a	6,83± 0,17 ^c	3,25± 0,13 ^b
Ak iv	MW	0	0	0	0	0	0	0,08
PI	MW	6,33	7	3,79	2,75	3,25	9,17	5,33

S. pra.		Parzelle								
		O_2M	O_1Mf	O_1Ms	O_M2	R_2M	R_1Mf	R_1Ms	R_M2	R_US
JR	MW	7,06	6,52	7,09	6,96	6,67	16,9	6,9	6,11	7,39
Ak i	MW	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ak ii	MW	0,88	0,64	1	0	0,88	0,86	0	1	0
Ak iii	MW	4,75	6,27	8,38	5,75	11	7,86	2,42	6,78	2,11
Ak iv	MW	0,63	1,36	1,88	1,08	1,5	4,71	0,26	1,89	0,74
PI	N	8	11	8	12	8	7	31	9	19
	MW	7,25± 1,16 ^{de}	9,27± 1,69 ^{de}	12,88± 2,48 ^{de}	8,58± 1,37 ^{de}	14,75± 3,27 ^{bd}	14,86± 1,84 ^{acde}	3,23± 0,34 ^{ace}	11,11± 1,43 ^{bd}	3,11± 0,44 ^{ae}

Josef Simmel

Universität Regensburg,
 Institut für Pflanzenwissenschaften,
 Lehrstuhl für Ökologie und Naturschutzbiologie
 josef.simmel@ur.de

Sven Rubansch

Universität Regensburg,
 Institut für Pflanzenwissenschaften,
 Lehrstuhl für Ökologie und Naturschutzbiologie

Peter Poschlod

Universität Regensburg,
 Institut für Pflanzenwissenschaften,
 Lehrstuhl für Ökologie und Naturschutzbiologie